



**Tiago Sá Alves dos  
Santos**

**Análise das não conformidades encontradas nos  
Carters da Renault CACIA em 2007**



**Tiago Sá Alves dos  
Santos**

**Análise das não conformidades encontradas nos  
Carters da Renault CACIA em 2007**

dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia e Gestão Industrial, realizada sob a orientação científica da Dr. Helena Alvelos, Professora doutora do Departamento de Economia, Gestão e Engenharia Industrial da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho aos meus pais pelo seu incansável apoio ao longo da minha vida acadêmica.

## **o júri**

presidente

Doutor Luís Miguel Domingues Fernandes Ferreira  
professor auxiliar convidado da Universidade de Aveiro

vogais

Doutor Cristóvão Silva (arguente)  
professor auxiliar do departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências e  
Tecnologia da Universidade de Coimbra

Doutora Helena Maria Pereira Pinto Dourado e Alvelos (orientadora)  
Professora auxiliar da Universidade de Aveiro

## **agradecimentos**

A realização deste projecto não teria sido possível sem a colaboração de muitas pessoas e instituições às quais gostaria de exprimir os meus agradecimentos.

À professora doutora Helena Alvelos por ter aceite orientar esta tese e pelo seu espírito crítico que contribuíram significativamente para a qualidade deste trabalho.

Agradeço à Universidade de Aveiro, colegas e professores pelo acompanhamento ao longo do curso.

À Renault CACIA onde desenvolvi grande parte deste trabalho. Aqui cresci profissionalmente e aprendi a trabalhar numa grande empresa, mas também usufrui do excelente ambiente de companheirismo. Um especial agradecimento ao Dr. Diogo Figueiredo, meu orientador de estágio e ao Sr. José Oliveira pela grande ajuda prestada e excelente integração na sua equipa.

Agradeço às pessoas que fazem parte do Departamento de Engenharia da Renault CACIA pela maneira como me acolheram e pela ajuda prestada. Agradeço também às pessoas que fazem parte do departamento de Serviço de Qualidade de Fornecedores, pela disponibilidade e dados fornecidos, sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Um especial agradecimento a todos os meus amigos, família e namorada que sempre me apoiaram nos momentos mais difíceis.

E por fim, um agradecimento muito especial aos meus pais pelo grande apoio que me deram e o sacrifício que fizeram ao longo destes anos.

**palavras-chave**

Carter, Qualidade, Caixa de velocidades, Embraiagem

**resumo**

Neste trabalho analisa-se as não conformidades encontradas nos Carters de Mecanismo e de Embraiagem fornecidos no ano de 2007 à CACIA por Fornecedores externos.

É feita uma pequena abordagem ao funcionamento de uma Caixa de Velocidades e da função que o Carter desempenha. Dentro da descrição do Carter é feita referência ao material que o compõe e o seu processo de fabrico.

É descrito o controlo de qualidade efectuado pelo Fornecedor para este tipo de peça, assim como o controlo de qualidade realizado pela CACIA.

Para a elaboração do trabalho procedeu-se à recolha do número e tipo de não conformidades encontradas nos Carters sendo feita de uma análise e tratamento estatístico destas mesmas não conformidades. Neste contexto analisam-se os resultados obtidos em termos de PPM (Partes Por Milhão), que em termos económicos e temporais.

**keywords**

Carter, Quality, Gearbox, Clutch

**abstract**

In this project we analyse the non conformities found in the mechanic and clutch carters supplied by external to CACIA in the year 2007 and briefly describe the functioning of a Gearbox and the Carter function. In the Carter description is made reference to the material that composes it and to its production process. A description of the quality control made by the Supplier for this type of piece, as well as the quality control carried through by CACIA has also been included. To carry out this project we have collected the number and type of non conformities found in this type of Carters and proceeded to its statistical treatment. In this context there is a results analysis in terms of PPM (Part of Million), economics and timing.

# Índice

Índice.....	i
Índice de Figuras.....	iii
Índice de Tabelas .....	v
Índice de Tabelas .....	v
1- Introdução.....	2
1.1- Definição do tema em estudo .....	2
1.2- Principais objectivos do trabalho a desenvolver.....	3
1.3- Estrutura do relatório .....	4
2- A qualidade nos Carters de Mecanismo e de Embraiagem .....	5
2.1- A Caixa de velocidades .....	5
2.1.1- Determinação das relações .....	6
2.1.2- As principais caixas de velocidades .....	7
2.1.3- Definição de alguns constituintes de uma caixa de velocidades.....	8
2.1.4- Funcionamento da Caixa de Velocidades .....	13
2.2- Carter de Embraiagem e Carter de Mecanismo.....	14
2.2.1- Definição de Carter de Embraiagem .....	14
2.2.2- Definição de Carter de Mecanismo.....	15
2.3- Material que compõe um Carter .....	16
2.3.1- Alumínio.....	16
2.3.2- Características do Alumínio .....	17
2.4 - O processo de injeção .....	17
2.5 - Controlo da qualidade na fundição injectada .....	19
2.6 - Controlo da porosidade.....	20
3 - O Caso da CACIA .....	22
3.1 - Situação actual do controlo de qualidade na fundição .....	22
3.2 - Critérios de classificação das peças.....	22
3.3 - Fugas nos Carters.....	24
3.3.1 – Controlo de estanqueidade.....	24
3.3.1.1 - Sistemas de Detecção de Fugas:.....	25



4 - Análise das não conformidades nos Carters .....	27
4.1- Introdução.....	27
4.1.1- Características a analisar nos Carters .....	27
4.1.2- Características dos planos (2D) dos Carters.....	28
4.1.3 - Características de um Caderno de Encargos do Carter .....	29
4.1.4 - Tipos de não conformidades encontradas nos Carters .....	29
4.1.5 - Dados analisados no decorrer do estudo .....	30
4.2- Análise das não conformidades encontradas nos Carters fornecidos à CACIA...	31
4.2.1 - Carters de Embraiagem .....	34
4.2.1.1 - Carter de Embraiagem - Fornecedor A.....	34
4.2.1.2 - Carter de Embraiagem - Fornecedor B .....	38
4.2.1.3 - Conclusão .....	41
4.2.2 - Carters de Mecanismo .....	41
4.2.2.1 - Carter de Mecanismo ND0 - Fornecedor A.....	42
4.2.2.2 - Carter de Mecanismo TL4 - Fornecedor A .....	45
4.2.2.3 - Carter de Mecanismo ND0 - Fornecedor C.....	48
4.2.2.4 - Conclusão .....	51
4.3 - Comparação entre Fornecedores .....	53
4.6- Acções de melhoria .....	55
5 - Conclusões.....	57
Bibliografia .....	59
Anexos .....	60

## Índice de Figuras

Figura 1 - Caixa de velocidades manual Renault.....	8
Figura 2 - Pinhonaria .....	8
Figura 3 - Árvore primária.....	9
Figura 4 - Árvore secundária .....	9
Figura 5 - Pinhões de dentado helicoidal.....	10
Figura 6 - Pinhões loucos.....	10
Figura 7 – Baladeurs .....	11
Figura 8 - Caixa diferencial .....	11
Figura 9 - Sincronizadores .....	12
Figura 10 - Carter de embraiagem .....	14
Figura 11 - Carter de Mecanismo .....	15
Figura 12 – Carters de uma caixa de velocidades.....	15
Figura 13 - Fluxograma da produção do alumínio.....	16
Figura 14 - Esquema do processo de injeção num molde com três cavidades. ....	18
Figura 15 - Representação simbólica de um molde constituído por oito cavidades e dos canais que irão constituir o “jito”. ....	19
Figura 16 - Exemplo de dois poros no furo do Carter de Mecanismo e de uma Fissura .....	24
Figura 17 - Controlo de fugas dos Carters na C.A.C.I.A., sistema Ar/Água.....	25
Figura 18 - A vermelho estão assinaladas algumas áreas que são maquinadas nos Carters fornecidos à CACIA.....	29
Figura 19 - Localização de alguns Furos no Carter de Mecanismo.....	33
Figura 20 - Localização de alguns Furos no Carter de Embraiagem.....	34
Figura 21 - PPM por zona do Carter de Embraiagem Fornecedor A.....	37
Figura 22 - Nível de PPM mensal do Carter de Embraiagem Fornecedor A .....	38
Figura 23 - PPM por zona do Carter de Embraiagem Fornecedor B.....	40
Figura 24 - Nível de PPM mensal do Carter de Embraiagem Fornecedor B.....	40
Figura 25 - PPM por Zona do Carter de Mecanismo ND Fornecedor A.....	44
Figura 26 - Nível de PPM mensal do Carter de Mecanismo ND Fornecedor A .....	44
Figura 27 - PPM por zona do Carter de Mecanismo TL4 Fornecedor A .....	47
Figura 28 - Nível de PPM mensal do Carter de Mecanismo TL4 A.....	48
Figura 29 - PPM por zona do Carter de Mecanismo Fornecedor C.....	50

Figura 30 - Nível de PPM mensal para o Carter de Mecanismo Fornecedor C.....	51
Figura 31 - PPM total para cada Carter de cada Fornecedor .....	53

## Índice de Tabelas

<b>Tabela 1</b> - Número de Carters rejeitados e fornecidos de cada fornecedor e respectivo peso no seu fornecimento.....	31
<b>Tabela 2</b> - Tipo de não conformidades presentes nos Carters, número de Carters rejeitados e respectiva percentagem.....	32
<b>Tabela 3</b> - Número de não conformidades encontradas nos Carters de Embraiagem do Fornecedor A e correspondentes percentagens.....	36
<b>Tabela 4</b> - Número de não conformidades encontradas nos Carter de Embraiagem do Fornecedor B e correspondentes percentagens .....	39
<b>Tabela 5</b> - Número de não conformidades encontradas nos Carters de Mecanismo ND do Fornecedor A e respectivas percentagens. ....	43
<b>Tabela 6</b> - Número de não conformidades encontradas nos Carters TL4 do Fornecedor A e correspondentes percentagens.....	46
<b>Tabela 7</b> - Número de não conformidades encontradas nos Carters de Mecanismo do Fornecedor C e correspondentes percentagens.....	49
<b>Tabela 8</b> - Comparação do nível de PPM entre Fornecedores por defeito .....	53
<b>Tabela 9</b> - Custo e tempo de maquinação dos Carters para o ano de 2007.....	55



## **1- Introdução**

O trabalho que se segue foi desenvolvido no âmbito da disciplina Dissertação/Projecto/Estágio do 2º ano do 2º ciclo do curso de Engenharia e Gestão Industrial da Universidade de Aveiro e tem como base no estágio efectuado na fábrica C.A.C.I.A., Companhia Aveirense de Componentes para a Indústria Automóvel, fábrica do Grupo Renault, que produz órgãos e componentes para a indústria automóvel. A fábrica está localizada em Aveiro, um dos mais importantes centros industriais de Portugal.

A C.A.C.I.A. tem como principais objectivos “Conceber e fabricar um produto sem defeito” e “Nunca deixar passar nem aceitar um defeito”. A fim de proteger o cliente, é responsabilidade de todos detectar e apontar qualquer defeito.

### **1.1- Definição do tema em estudo**

O tema em estudo neste relatório está englobado na área da qualidade, mais propriamente na qualidade dos produtos que são fornecidos à CACIA por fornecedores externos. Os produtos estudados são os Carters para as caixas de velocidades, dos quais fazem parte os Carters de Mecanismo e os Carters de Embraiagem. Partindo de peças em bruto, compradas ao exterior, a C.A.C.I.A. dispõe de centros de maquinaria modernos e flexíveis que fabricam este tipo de componentes para as caixas de velocidades.

Este tipo de Carters são peças muito complexas e de uma utilidade extrema, uma vez que são a estrutura que contém todos os componentes da caixa de velocidades ou da embraiagem, no caso do Carter de mecanismo ou do Carter de Embraiagem respectivamente.

Neste trabalho é feita uma análise aos Carters dos vários Fornecedores, onde são estudados os Fornecedores mais penalizantes, as principais não conformidades encontradas nas peças, as zonas em que as não conformidades são mais frequentes e é feita uma análise comparativa entre fornecedores. São propostas, no final, algumas acções de melhoria para as não conformidades encontradas.

Grande parte deste projecto foi elaborado com base nos vários artigos disponíveis na Intranet disponível na CACIA. A Intranet engloba todas as fábricas do Grupo Renault.

## **1.2- Principais objectivos do trabalho a desenvolver**

O objectivo principal deste trabalho é o de analisar o prejuízo, expresso em número de não conformidade, em tempo e custo, das não conformidades encontradas nos vários Carters fornecidos à CACIA em 2007. Adicionalmente, comparam-se os resultados obtidos relativamente aos vários Fornecedores. Para atingir este objectivo foi seguida uma metodologia que engloba numa primeira fase, um estudo dos principais defeitos, tais como: poros, defeitos dimensionais, defeitos de matéria e fugas. Seguidamente é feita uma análise aos vários fornecedores onde se destaca o impacto que estes têm para a Renault a nível de tempo e custos de produção e qual o seu nível de PPM's. A análise de PPM (Parte Por Milhão) é a variável que permite à Renault avaliar o nível de qualidade das peças fabricadas, este é determinado através do número de não conformidades encontradas, sobre o número de peças fornecidas, vezes um milhão. Numa terceira fase são identificadas, para cada fornecedor as zonas em que as não conformidades aparecem mais vezes e é também contabilizada a frequência com que estas ocorrem. Na fase seguinte é feita uma análise comparativa das não conformidades encontradas nos Carters dos vários fornecedores.

### **1.3- Estrutura do relatório**

Este trabalho divide-se em três partes, sendo a primeira o enquadramento e a descrição do problema, a segunda a exposição dos resultados e respectiva análise, sendo a terceira parte as conclusões tiradas depois da análise efectuada na parte anterior.

No capítulo 2 é feita uma breve descrição da estrutura e principais constituintes de uma caixa de velocidades. É feita também uma abordagem teórica aos dois tipos de Carters estudados e ao material que os constitui. Seguidamente descreve-se o controlo de qualidade que é feito a este tipo de componentes, o seu processo de injeção e principais defeitos.

No capítulo 3 entramos no caso da CACIA, onde é feita uma descrição da situação actual do controlo de qualidade na fundição e dos critérios de classificação das peças.

No capítulo 4 é feita a análise das não conformidades dos Carters, principais não conformidades encontradas, sua localização, frequência, fornecedores mais penalizantes, análise comparativa entre fornecedores.

No capítulo 5 faz-se uma análise aos dados encontrados no capítulo anterior e são tiradas as respectivas conclusões.



## **2- A qualidade nos Carters de Mecanismo e de Embraiagem**

Neste capítulo é feita uma primeira abordagem onde se explica em que consiste uma Caixa de Velocidades, a sua constituição e o seu modo de funcionamento. Numa segunda fase define-se um Carter, abordando-se as suas características, a sua utilidade na caixa de velocidades, o material que o compõe, o seu processo de fabrico e o seu controlo de qualidade.

### **2.1- A Caixa de velocidades**

Num automóvel a rotação do motor é transmitida às rodas por meio da embraiagem, da caixa de velocidades, e da transmissão. A caixa de velocidades é um elemento capaz de variar o regime de rotação e o binário transmitido às rodas quando o esforço resistente assim o exige, e torna possível a marcha-atrás por inversão do sentido de rotação das rodas motrizes.

A potência e o binário desenvolvidos pelo motor variam de acordo com o número de rotações, conseguindo-se a maior potência e maior regime necessário para obter o máximo do motor.

Desta forma, para obter a potência e o binário adequados a cada situação, a caixa de velocidades através de um sistema de engrenagens de diâmetros diferentes e um dentado direito, ou helicoidal, adapta uma desmultiplicação adequada para alcançar uma relação entre potência e binário conforme as necessidades do condutor. O binário do motor é o trabalho do motor considerando o esforço instantâneo. Mede a capacidade do motor de responder a todas as solicitações da parte do condutor. A unidade de medida é o Newton Metro (Nm).

Actualmente existem caixas de comando manual, de transmissões automáticas e caixas robotizadas.

O objecto de estudo deste trabalho serão as Caixas de comando manual pelo que, no seguimento do trabalho quando se faz referencia a Caixas de Velocidades, são sempre deste tipo.

### **2.1.1- Determinação das relações**

Efectivamente, a caixa de velocidades é um transformador de velocidade e binário do motor, e é usada como desmultiplicador de velocidade, ou como multiplicador de binário. A caixa de velocidades é um elemento imprescindível já que a falta de elasticidade dos motores térmicos impede a sua utilização a baixas velocidades com um rendimento aceitável.

Ao representar as relações da caixa de velocidades de um veículo observamos que, devido às diferentes desmultiplicações de cada velocidade para o mesmo número de rotações obtemos diferentes velocidades consoante a relação da caixa de velocidades.

Há que salientar que a relação mais curta de uma caixa de velocidades, a primeira velocidade, tem que ter uma desmultiplicação capaz de multiplicar o binário do motor o suficiente para que o veículo possa superar uma inclinação de 25%. Assim como ser capaz de arrancar numa rampa de 15% com uma aceleração de  $0.5 \text{ ms}^2$ .

#### **Em resumo :**

A caixa de velocidades tanto influencia o comportamento do veículo como a sua motorização. Uma Caixa de Velocidades deve ter uma adequação entre o número, duração das relações e a vocação da viatura: económica, desportiva, citadina ou estradista.

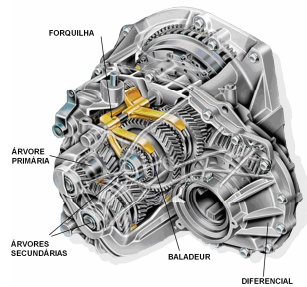
## **2.1.2- As principais caixas de velocidades**

### **A caixa de velocidades convencional**

Actualmente utilizam-se caixas de velocidades de 3 eixos. Estas caixas são formadas por um eixo primário que se une por meio de um rolamento a um eixo secundário de forma a estarem em prolongamento. Dispõe também de um eixo fixo, que está constantemente engrenado com os eixos primário e secundário. O eixo primário é formado por um só pinhão, que engrena com o eixo fixo. O eixo fixo transmite a rotação do eixo primário às engrenagens em que são montados os chamados pinhões loucos sobre o eixo secundário. No eixo secundário são montados os dispositivos chamados acopladores, que permitem engrenar os pinhões loucos com o eixo. Estes movem-se lateralmente sobre o estriado da árvore até encaixar no estriado do pinhão correspondente.

Os dentes dos pinhões das caixas de velocidades actuais são do tipo helicoidal. Antigamente eram utilizados os dentes rectos, mas os helicoidais são mais silenciosos no seu funcionamento, uma vez que transmitem o seu esforço com mais suavidade. Todos estes componentes encontram-se dentro de uma caixa estanque formada pela união dos Carters de Mecanismo e de Embraiagem objecto de estudo deste trabalho, esta é provida de uma certa quantidade de óleo, que é projectada em todas as direcções pelo movimento das engrenagens impregnando-as fazendo chegar o óleo até todos os rolamentos de modo a facilitar o seu engrenamento.

**Caixa de velocidades manual:** a embraiagem é o elemento que conecta o motor à caixa de velocidades, e em seguida às rodas. Pressionando o pedal de embraiagem provocamos uma ruptura de binário, desde a entrada de caixa. Esta permite passar as velocidades sem danificar os pinhões e os sincronizadores.

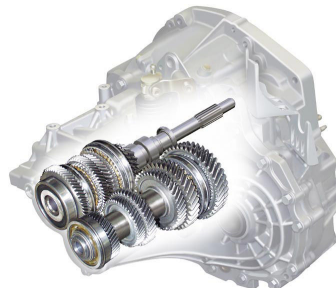


**Figura 1 - Caixa de velocidades manual Renault**

### **2.1.3- Definição de alguns constituintes de uma caixa de velocidades**

#### **Pinhonaria**

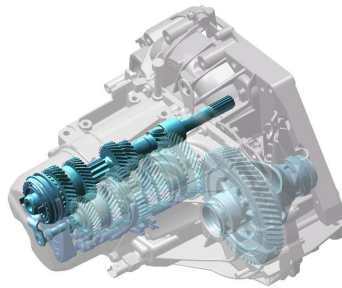
Termo genérico que designa o conjunto de engrenagens que intervêm no funcionamento de uma caixa de velocidades.



**Figura 2 - Pinhonaria**

#### **Árvore primária**

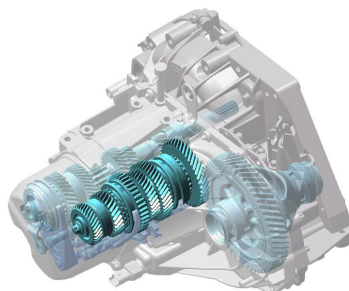
A árvore primária é um eixo longitudinal montado à entrada da caixa de velocidades, provido de várias engrenagens fixas (pinhões) que correspondem às diferentes velocidades. Este transmite, por via da embraiagem o movimento de rotação proveniente do motor aos pinhões seleccionados (de acordo com a velocidade seleccionada pelo condutor) da árvore secundária.



**Figura 3 - Árvore primária**

### **Árvore secundária**

Eixo longitudinal situado no prolongamento da árvore primária sobre o qual são montados os pinhões loucos (de 1ª, 2ª e 3ª velocidades) e os baladeurs, e onde se faz a selecção das velocidades engrenadas pelo condutor. Transmite o seu movimento de rotação às rodas através do diferencial. Sendo que no fim está situada a linha de comando do velocímetro.



**Figura 4 - Árvore secundária**

### **Árvore intermediária**

Eixo paralelo às árvores primária e secundária, geralmente situado abaixo desta ultima.

Está ligada à árvore primária pelo pinhão receptor da engrenagem de mudança constante.

## **Pinhão**

Um pinhão é uma roda dentada que transmite o movimento a uma outra parte do mecanismo. Existem dois tipos de pinhões:

- O pinhão de dentado direito, de fabricação mais económica, mas bastante ruidoso e exclusivamente reservado à marcha-atrás;
- O pinhão de dentado helicoidal muito mais silencioso e resistente ao uso progressivo.



**Figura 5 - Pinhões de dentado helicoidal**

## **Pinhões Loucos**

Estes pinhões estão montados sobre a árvore secundária intercalados com os Baladeurs. Estes estão livres, em permanente rotação (dai o seu nome) e permanecem sempre engrenados com os pinhões correspondentes na árvore primária. É este emparelhamento de pinhões árvore primária/árvore secundária que determina a desmultiplicação de cada velocidade. Um pinhão louco arrasta a árvore secundária unicamente quando engrenado com um Baladeur.



**Figura 6 - Pinhões loucos**

## Baladeurs

Estes pinhões são livres na translação ao longo da árvore. Quando o condutor muda uma velocidade, actua pelo rodado de comando num baladeur que vai engrenar depois da sincronização, sobre o pinhão louco correspondente. Este último fica então dependente da árvore secundária pela qual transmite o seu movimento de rotação.

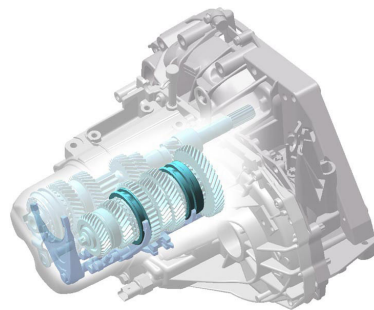


Figura 7 – Baladeurs

## Caixa diferencial

A caixa diferencial contém o mecanismo situado entre a caixa de velocidades e a árvore de transmissão das rodas. A sua função é permitir que ambas as rodas motrizes rodem o necessário para diferentes velocidades, conservando uma repartição do esforço a cada roda. Por exemplo, numa curva, a velocidade de rotação da roda exterior é superior à da roda interior; é o diferencial que assegura este equilíbrio.

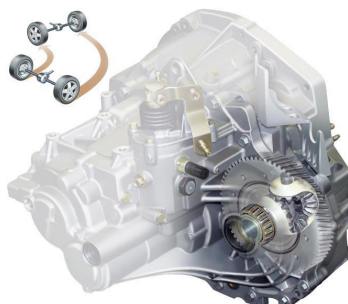
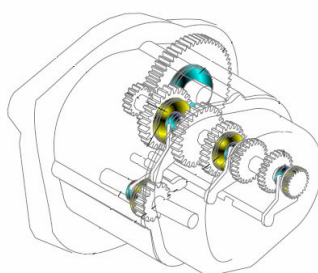


Figura 8 - Caixa diferencial

## Sincronizadores

Os sincronizadores são utilizados para conseguir engrenar as velocidades de forma adequada. Nas caixas de velocidades convencionais, o engrenamento obtém-se com o deslocamento da coroa do sincronizador. Este sincronizador leva um dentado interno que consegue engrenar com o pinhão louco da velocidade desejada.

Quando o condutor acciona a alavanca da caixa e selecciona uma velocidade, o sincronizador correspondente é empurrado até engrenar no pinhão louco. Conforme se vai aproximando o sincronizador um anel cónico vai entrando nele, produzindo uma fricção que iguala as velocidades entre o eixo secundário e a engrenagem do pinhão louco. A seguir, avançando o sincronizador os seus dentes engrenam com os do pinhão, fazendo-se solidário com o do eixo secundário o que significa que entra a velocidade.



**Figura 9 - Sincronizadores**

## Comando

Conjunto dos órgãos utilizados para obter a mudança de velocidades desejada. O comando compreende:

- Uma alavanca de mudança de velocidades situada no chão e fixada directamente na tampa da caixa de velocidades, ou debaixo do volante sobre a coluna de direcção;
- Os eixos de forquilha;
- Um dispositivo de bloqueio.



## **Transmissão**

Conjunto dos órgãos que transmitem o binário depois do motor às rodas pela seguinte ordem: embraiagem, mudança de velocidade, diferencial, árvores das rodas. O conjunto destes órgãos chama-se cadeia cinemática.

### **2.1.4- Funcionamento da Caixa de Velocidades**

Os Carters maquinados em CACIA são utilizados nas Caixas de Velocidades manuais do grupo Renault/Nissan, caso das Caixas ND, JR e TL, centremo-nos então neste tipo de Caixas.

Nas caixas de velocidades manuais típicas existem duas séries principais de carretos:

- A do veio principal, que recebe do volante do motor a rotação do motor por intermédio da embraiagem,
- E a do veio secundário (de saída), que transmite um submúltiplo dessa rotação ao eixo.

Os carretos do veio principal encontram-se em rotação livre, o que permite que, em ponto morto (i.e., sem nenhuma velocidade engrenada), não ocorra a transferência de rotação. No entanto, os carretos do veio secundário (à excepção de um carreto isolado, o de marcha-atrás) encontram-se firmemente ligados ao veio secundário. A cada carreto do veio primário corresponde um outro carreto, devidamente engrenado, do veio secundário. São as dimensões dos carretos (e o princípio da alavanca) que especificam a proporção da (des)multiplicação desejada.

Aquando da selecção de uma mudança, é acoplado um carreto ao veio principal por meio de um bloqueador (do movimento livre do carreto para o veio) que, nos dias de hoje, desempenha a função de sincronizador. Com um funcionamento semelhante ao da embraiagem (transmissão por acoplagem), embora os carretos disponham de dentes que facilitam o encaixe do sincronizador, a força do veio principal transmite-se do carreto bloqueado para o carreto correspondente do veio secundário.

No caso da marcha-atrás, entra em contacto um carreto suplementar do bloco secundário responsável pela mudança de direcção da rotação do eixo (e consequentemente da marcha). Este carreto (e aquele onde engrena respectivamente no veio primário) é de dimensões tipicamente semelhantes ao da primeira velocidade, o que permite ao automóvel dispor de força para realizar manobras em superfícies íngremes.

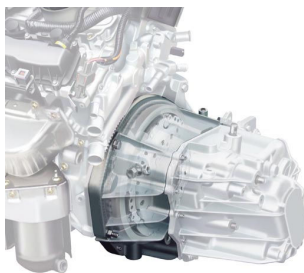
Todos estes componentes são suportados por uma caixa estanque impregnada de óleo, formada pelos Carters de Embraiagem e de Mecanismo, sendo que o suporte destes componentes é feito através de furos existentes nos Carters.

## **2.2- Carter de Embraiagem e Carter de Mecanismo**

O objecto de estudo deste trabalho são os Carters de Embraiagem e de Mecanismo, definidos nas secções seguintes.

### **2.2.1- Definição de Carter de Embraiagem**

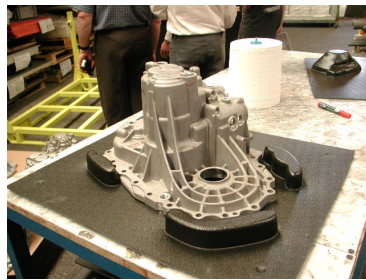
O Carter de embraiagem é uma caixa metálica de alumínio, que contém todos os componentes da embraiagem. Ela serve como ligação entre o motor e a caixa de velocidades. A embraiagem é um elemento que pode ser utilizado para transmitir movimento rotativo do motor à caixa de velocidades. A figura 10 mostra um Carter de Embraiagem acoplado ao motor e ao Carter de Mecanismo.



**Figura 10 - Carter de embraiagem**

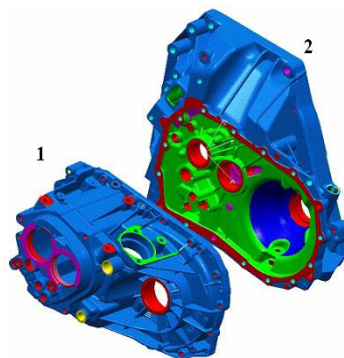
### 2.2.2- Definição de Carter de Mecanismo

O Carter de Mecanismo é uma caixa metálica de alumínio, que contém todos os componentes que constituem a Caixa de velocidades, tais como a Árvore Primária (ou de entrada), Árvore Secundária, Forquilhas, Rolamentos e Eixos. Na figura 11 pode-se visualizar um Carter de Mecanismo.



**Figura 11 - Carter de Mecanismo**

Estes dois tipos de Carter juntos formam uma caixa em alumínio estanque dentro da qual vai circular o óleo que vai lubrificar os componentes da Caixa de Velocidades, como demonstra a figura 12.



**Figura 12 – Carters de uma caixa de velocidades**

- 1 – Carter de mecanismo**
- 2 – Carter de Embraiagem**

## 2.3- Material que compõe um Carter

### 2.3.1- Alumínio

O material que compõe os Carters de uma Caixa de Velocidades é o alumínio. De seguida é feita uma breve descrição deste material, suas características, processo de produção, aplicações e vantagens.

O alumínio, não é encontrado em estado natural, sendo obtido através de processos electroquímicos a partir da *bauxita*.

Para extrair o alumínio da *bauxita* é necessária muita electricidade, o que torna o processo dispendioso.

Para que a produção do alumínio seja economicamente viável, é necessário que o minério contenha, no mínimo, 30% de alumina (óxido de alumínio de alta pureza). Inicialmente, o minério é aquecido num forno giratório, obtendo-se alumina calcinada que, após o processo de redução, se transforma em alumínio metálico.

No processo de redução, a alumina é colocada em cubas electrolíticas a altas temperaturas, então o alumínio deposita-se no fundo de cada cuba, sendo extraído por sucção para cadinhos, que transferem o metal líquido à fundição para a obtenção do alumínio primário. Na forma de lingotes, tarugos, ou placas, é comercializado para as indústrias de transformação como é o caso dos Fornecedores dos Carters. Todo este processo é demonstrado na figura 13.

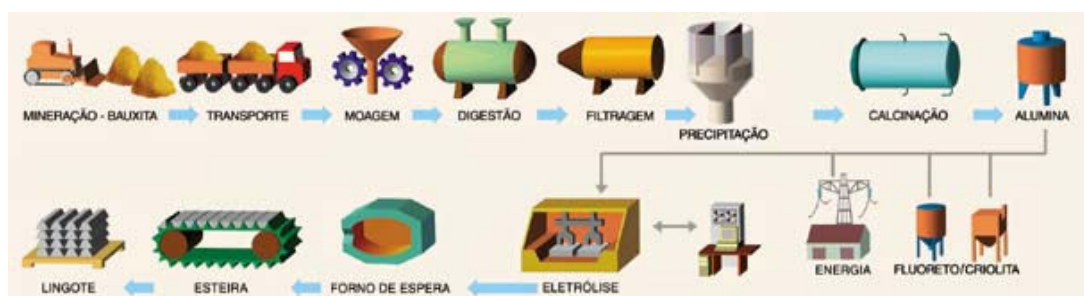


Figura 13 - Fluxograma da produção do alumínio

### **2.3.2- Características do Alumínio**

A utilização do alumínio nos Carters deve-se às suas excelentes propriedades, o alumínio é um metal leve, devido à sua baixa densidade, mas tem óptimas propriedades mecânicas.

O alumínio é reciclável e a grande vantagem em reciclá-lo é a economia de energia eléctrica, pois o seu ponto de fusão não é alto. O alumínio é muito resistente à corrosão devido à camada de óxido que o protege, pois o óxido de alumínio é uma substância dura, resistente à acção da água e impermeável ao oxigénio, protegendo o resto do metal.

O alumínio permite a obtenção de ligas com óptimas propriedades mecânicas como, por exemplo, a “liga leve” composta de alumínio, silício e ferro.

Como o alumínio é leve confere um menor consumo de combustível e menor desgaste mecânico aos veículos, é durável, ou seja, oferece uma excepcional resistência a agentes externos mesmo em ambiente agressivos e é impermeável o que garante a estanqueidade da Caixa de velocidades.

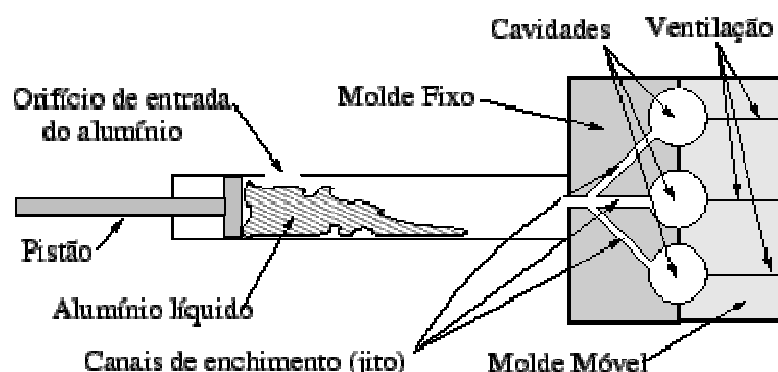
## **2.4 - O processo de injeção**

As peças sobre as quais este trabalho incide são fabricadas através do processo de fundição (injecção de moldes). Debrucemo-nos então agora na caracterização deste processo. Seguidamente é descrito em detalhe o processo de fundição injectada numa unidade fabril típica.

Para grandes volumes de peças como é o caso dos Carters, a fundição em matriz sob pressão é a mais vantajosa. Os fundidos com grande precisão de detalhes são produzidos desta forma. O método tem sido cada vez mais empregue em peças fundidas até o tamanho de blocos de cilindros.

Cada máquina de injeção tem adjacente um forno com a liga de alumínio à temperatura de aproximadamente 600 graus centígrados. Para efectuar uma injeção, um cadinho refractário retira do forno uma certa quantidade de liga e despeja-o à

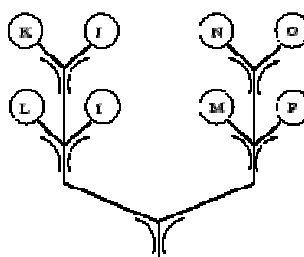
frente do pistão da máquina de injectar, como se pode ver esquematicamente na figura 14.



**Figura 14 - Esquema do processo de injeção num molde com três cavidades.**

O pistão, actuado pela pressão fornecida por um complexo sistema hidráulico, começa então por se deslocar a baixa velocidade, empurrando a liga à sua frente. Esta é a designada “fase de aproximação” ou “fase 1” e nela pretende-se que o alumínio líquido seja levado até à entrada do molde o mais rapidamente possível para evitar o arrefecimento da liga, mas em regime de fluxo laminar para evitar a incorporação de ar no metal líquido.

Quando a liga chega finalmente à entrada do molde, o pistão aumenta de velocidade, provocando rapidamente o enchimento do molde, razão pela qual esta fase se designa de “fase de enchimento” ou “fase 2”. O enchimento do molde, que se encontra aproximadamente a 200 graus centígrados, deve ser efectuado o mais rapidamente possível para evitar o arrefecimento prematuro da liga, mas deve ser suficientemente lento para permitir a total expulsão do ar do interior do molde através dos orifícios de ventilação. Quando o molde se encontra cheio, a liga encontra-se já perto da sua temperatura de solidificação, e ao pistão é aplicado um súbito aumento de pressão com o objectivo de compactar a liga, que solidifica sujeita a essa pressão. Esta fase denomina-se por “fase de compactação” ou “fase 3” e a pressão aplicada ao pistão nesta fase é muito elevada.



**Figura 15 - Representação simbólica de um molde constituído por oito cavidades e dos canais que irão constituir o “jito”.**

Um molde, que pode pesar algumas centenas de quilos, é feito de aço, e é constituído por duas metades, o molde fixo e o molde móvel. O molde é aberto e fechado movendo através de actuação hidráulica o molde móvel. O molde tem no seu interior entre uma a doze cavidades que constituem o negativo da peça que se pretende fabricar. As cavidades encontram-se ligadas entre si por canais por onde a liga fundida fluí durante a fase de enchimento.

Este processo apresenta muitas vantagens das quais podemos salientar as formas das peças fundidas que podem apresentar formas externas e internas desde as mais simples às mais complexas com formatos impossíveis de serem obtidos por outros processos, com este processo é também possível produzir peças com poucos gramas de peso e com espessura de parede de apenas alguns milímetros ou pesando muitas toneladas. A fundição permite um alto grau de automatização e, com isso a produção rápida e em série de grande quantidade de peças. As peças fundidas podem ser produzidas dentro de padrões variados de acabamentos (mais liso ou mais áspero) e tolerância dimensional (entre  $\pm 0,2\text{mm}$  e  $\pm 6\text{mm}$ ) em função do processo de fundição usado. Por causa disso, há uma grande economia em operações de maquinação. A peça fundida possibilita grande economia de peso, porque permite a obtenção de paredes com espessuras quase ilimitadas.

## **2.5 - Controlo da qualidade na fundição injectada**

A indústria fornecedora, alvo deste trabalho é a da fundição de metais não ferrosos, ligas de alumínio, por injeção de alta pressão. O mercado preferencial desta indústria é o da indústria automóvel, caracterizada por elevados requisitos de qualidade. Estes requisitos são consequência dos elevados níveis de segurança, fiabilidade e durabilidade desejada para os seus produtos. Naturalmente que estes

requisitos de qualidade da indústria automóvel são transpostos para as suas indústrias fornecedoras, no caso em estudo a indústria de fundição injectada de ligas de alumínio. A maioria das peças fabricadas nesta indústria irão constituir os órgãos mecânicos de um automóvel, por exemplo o objecto de estudo deste trabalho os Carters. As características desejáveis destas peças são, além do seu baixo peso e custo, a sua rigidez mecânica, ou a qualidade do acabamento de juntas. As peças devem por essa razão ser estruturalmente o mais homogêneas possível. A tecnologia que actualmente melhor responde a estes requisitos é a da fundição de ligas de alumínio por injeção de alta pressão.

Nesta tecnologia, e por razões que serão adiante descritas, é contudo difícil controlar as porosidades ou micro-porosidades, bolhas de ar, que inevitavelmente aparecerão nas peças produzidas, comprometendo assim algumas das suas características. A existência de poros nas peças produzidas por fundição de alta pressão é um dos principais flagelos desta indústria, sendo por essa razão um dos principais objectos de controlo por parte do departamento de qualidade, e de pesquisa por parte do departamento de engenharia de processo.

## **2.6 - Controlo da porosidade**

O processo exigido pela Renault ao Fornecedor para controlar a porosidade das peças é efectuar regularmente uma amostragem na linha de produção e submeter as peças amostradas a análise por raios X. O critério de qualidade não é contudo o mesmo para todas as peças, já que a existência de poros em certas zonas de uma determinada peça pode ser perfeitamente tolerada, enquanto que noutras zonas o não pode. A porosidade pode assim caracterizar-se pelo número e dimensão dos poros em zonas pré-determinadas das peças. As porosidades não estão apenas relacionadas com a rigidez mecânica das peças, mas também com o seu acabamento, já que a existência de poros em zonas que irão funcionar como juntas de vedação pode inviabilizar a sua utilização. Outro dos critérios de qualidade importantes é a conformidade dimensional das peças, mas este é geralmente função apenas do molde ou da liga e não do processo de injeção, apesar de o seu controlo ser efectuado no sector da fundição.



O procedimento usual para manter a qualidade nos níveis desejados, é determinar por amostragem a qualidade das peças produzidas, e eventualmente reajustar os controlos da máquina de injeção, de modo a repor a qualidade nos níveis preestabelecidos. Este reajuste é muitas vezes efectuado por tentativa e erro, variando os controlos da máquina de injeção de modo mais ou menos sistemático; as peças produzidas nas novas condições são sujeitas a análise de raios X e o processo repetido até se obter o nível de qualidade desejado.

Em muitas das indústrias com necessidade de efectuar o controlo de qualidade peça a peça em tempo real, este é geralmente efectuado por inspecção visual. Este controlo visual pode ser efectuado por operadores que observam as peças à medida que estas são fabricadas e retiram manualmente as que não estão conformes com os critérios de qualidade definidos, ou pode ser automático, utilizando câmaras de vídeo e *software* apropriado que reconhece a não conformidade visual e activa um actuador que retira a peça da linha de produção.

Em qualquer dos casos o controlo é efectuado após a peça ser produzida, implicando a existência de mais uma célula na linha produtiva, mais operadores, e no caso da inspecção automática, a existência de equipamento e *software* adicional. Noutros casos, em que o critério de qualidade da peça implica a caracterização da sua condição estrutural, a inspecção não pode ser visual, já que esta apenas revela o estado superficial da peça. É assim necessário equipamento e *software* que efectue essa caracterização, através da aquisição e processamento de variáveis relevantes. Exemplos deste tipo de controlo não destrutivo incluem a microfugometria, onde é avaliada a estanqueidade da peça através da sua permeabilidade a gases ou líquidos, a espectroscopia por ressonância ultra-sónica, onde é analisado o padrão de ressonância da peça quando esta é excitada por ultra-sons, tomografia de raios X, onde se verifica se a conectividade das porosidades existentes define um percurso que conduza a fugas.

## **3 - O Caso da CACIA**

### **3.1 - Situação actual do controlo de qualidade na fundição**

Como foi descrito no ponto anterior, no sector de fundição do Fornecedor usam-se actualmente dois processos de controlo de qualidade independentes, e com objectivos distintos. Por um lado, efectua-se amostragem por lotes, sendo as peças amostradas classificadas por inspecção visual, dimensional e de raios-x. Por outro lado, usam-se alguns dos parâmetros de fabrico das peças como indicadores da normalidade de funcionamento do processo de fabrico.

O controlo da qualidade por inspecção visual e dimensional verifica o aspecto superficial e a conformidade dimensional com as especificações da Renault, enquanto que a integridade estrutural é verificada pela inspecção por raios-x.

### **3.2 - Critérios de classificação das peças**

As peças fabricadas devem obedecer a critérios de qualidade especificados pela Renault. Esses critérios dependem do tipo de peça fabricada e da sua funcionalidade no produto final em que será incorporada. No caso dos Carters para que os critérios da Renault possam ser cumpridos é necessário que as peças obedeam a critérios internos mínimos que são definidos pelo departamento de qualidade. Os critérios do Fornecedor relativos à secção de injeção consistem geralmente na análise de porosidades por raios X ou microfugometria, e ainda na análise dimensional, enquanto os critérios da Renault atribuíveis ao processo de injeção podem ser mais

diversificados e específicos, como o aspecto superficial e dimensional das peças, e a dimensão ou localização de porosidades que devem obedecer aos critérios exigidos no Caderno de Encargos elaborado pelo próprio Gabinete de Estudos.

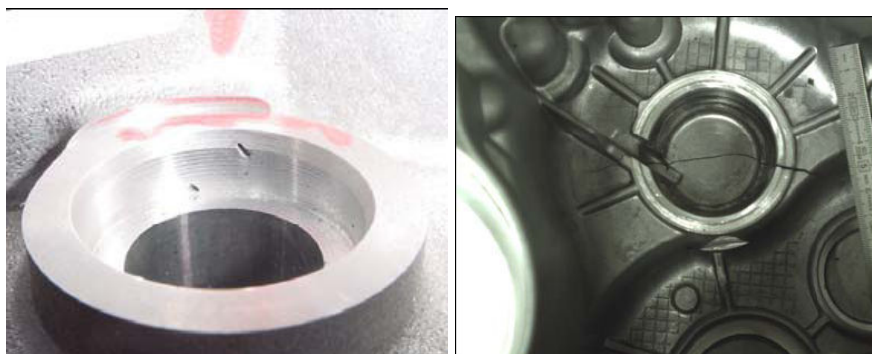
É assim possível atribuir a uma peça pelo menos dois critérios de classificação: o da Renault, designado por critério, classificação ou inspecção visual, e do Fornecedor, designado por critério, classificação ou inspecção por raios X. Assim, para que a peça seja aceite pela CACIA deve ser considerada conforme pelos dois critérios, primeiro o de raios X e depois o visual. O conjunto de não-conformidades que os dois critérios contemplam podem ser contudo não coincidentes, pelo que uma peça pode ser classificada como conforme por um critério e não-conforme pelo outro.

A inspecção visual é efectuada por um operador após a peça ter sofrido, nas secções fabris da CACIA, processamento adicional, nomeadamente “granagem” e maquinação.

Para ambos os critérios de qualidade a existência de padrões é fundamental, para assegurar uniformidade de critérios de classificação ao longo do processo de inspecção. São fornecidos padrões aos técnicos que efectuem a classificação visual e de raios X; esses padrões consistem em imagens predefinidas de peças conformes e não conformes. O critério de classificação por raios X é portanto também um critério visual, já que o técnico compara visualmente os padrões com a imagem de raios X das peças em observação.

### **Alguns Defeitos dos Produtos Fundidos**

- Defeitos de composição da liga metálica que causam o aparecimento de partículas duras indesejáveis no material. Este tipo de defeito causa desgaste da ferramenta de maquinação;
- Rechupe, ou seja, falta de material devido ao processo de solidificação, causado por projecto de massalote mal feito;
- Porosidades que se originam quando os gases que existem dentro do metal líquido não são eliminados durante o processo de vazamento e solidificação. Isso causa fragilidade e defeitos superficiais na peça maquinada.



**Figura 16 - Exemplo de dois poros no furo do Carter de Mecanismo e de uma Fissura**

### **3.3 - Fugas nos Carters**

Neste tipo de peça existe um defeito que pode ser considerado como extremamente perigoso numa Caixa de Velocidades é a chamada fuga, que pode dar origem a uma má lubrificação da caixa de velocidades, uma vez que o óleo presente nesta poderá sair por essa fenda. Essa fuga pode ser provocada por um mau isolamento da Caixa, ou por uma fenda no Carter. O controlo deste tipo de defeito é feito de forma diferente dos defeitos descritos anteriormente, razão pela qual lhe é dedicado um tópico, seguidamente é feita a descrição do controlo de qualidade deste tipo de não conformidade.

#### **3.3.1 – Controlo de estanqueidade**

A estanqueidade caracteriza a capacidade de um conjunto fechado não deixar nenhum fluido ou gás passar as suas paredes. É definida segundo diferentes critérios, pela relação atmosférica entre dois volumes e estática ou em funcionamento (ex. válvulas ou comportas).

Uma fuga contraria o princípio descrito anteriormente, já que permite a entrada ou saída de um fluido líquido ou gasoso de modo imprevisto num compartimento estanque.

As causas de uma fuga podem ser físicas, químicas ou mecânicas.

Exemplos:

Soldaduras, juntas, má montagem, falta de componentes, porosidades, etc.

A estanqueidade absoluta não existe.

Para assegurar que uma peça, órgão ou conjunto não contém fugas (ou que as fugas não ultrapassem as tolerâncias autorizadas), na CACIA é feito um Controlo de Estanqueidade que submete na medida do possível a peça a um controlo pericial às zonas de fuga.

Este controlo realiza-se para evitar o fornecimento de Peças de Fabrico Interno (POI - Pièces Ouvrées Internes) e Peças de Fabrico Externo (POE – Pièces Ouvrées Externes) com fugas à montagem e à Fábrica de Montagem de Carroçarias (UCM – Usine Carrosserie Montage) respectivamente, detectar os componentes não fiáveis, atender à qualidade exigida no plano e evitar a poluição ambiental.

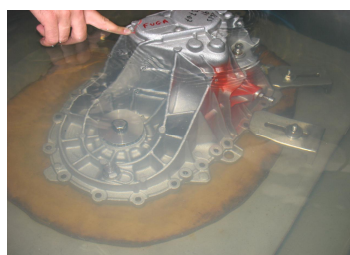
### 3.3.1.1 - Sistemas de Detecção de Fugas:

#### Método das bolhas (Ar/Água)

Método que permite localizar facilmente as fugas, porém é pouco preciso, demorado e tem o inconveniente de molhar a peça. Colocamos sobre pressão o produto submerso numa cuba de água com um produto antioxidante. Os pontos onde aparecem bolhas indicam o local onde se situam as fugas.

- **Peça sob pressão** - submergi-la na água, observar as fugas através das bolhas que saem pelas fendas, porosidades, juntas ou imperfeições na estrutura da peça.

*Muito utilizado para peritagem nos Carters das caixas de velocidades.*



**Figura 17 - Controlo de fugas dos Carters na C.A.C.I.A., sistema Ar/Água**

### **Aparelhos de detecção por queda de pressão (Ar/Ar)**

Detectar as fugas com este método é rápido e automático. A peça é colocada sobre pressão (ou vácuo), e é medida a descida (ou subida) de pressão dentro da peça depois de um determinado tempo.

- 90% Das aplicações industriais são deste tipo.

O teste de estanqueidade a ar é o que se adequa melhor a uma utilização no domínio automóvel.

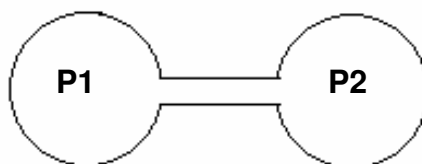
- A precisão de medida é suficiente;
- Os meios industriais são fiáveis (boas capacidades).
- É o meio utilizado na Renault.

Uma célula de medida é composta por: um regulador de pressão, um captor de pressão relativa, um captor de pressão diferencial e várias comportas.

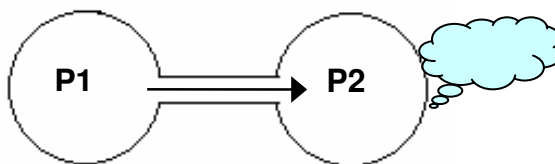
A peça a testar é pressurizada ao mesmo tempo que um volume de referencia (estanque).

O captor de pressão diferencial mede as diferenças de pressão entre o volume de referência e a peça a controlar.

Dois volumes inter ligados estão à mesma pressão.



Se tiverem uma fuga terão uma perda de pressão.



A pressão desce em P2. Há um fluxo de ar de P1 para P2.

## **4 - Análise das não conformidades nos Carters**

### **4.1- Introdução**

Neste capítulo são, em primeiro lugar analisados os objectivos da RENAULT para os Carters, as características a estudar e os planos e Caderno de Encargos. De seguida é feito um levantamento das não conformidades existentes nos Carters e feito o tratamento estatístico das suas ocorrências. Por último, são analisados os resultados e são sugeridas algumas acções de melhoria.

#### **4.1.1- Características a analisar nos Carters**

Todas as peças fornecidas à Renault por fornecedores externos têm que obedecer às especificações do projecto elaborado pela Renault e que se traduzem num Caderno de Encargos e nos planos (2D). O Caderno de Encargos e os planos são projectados pelo gabinete de estudos Renault e disponibilizados ao fornecedor que se compromete a respeitar o que foi estabelecido no momento da assinatura do acordo de fabricação.

#### **4.1.2- Características dos planos (2D) dos Carters**

O gabinete de estudos tem como função cotar a peça respondendo a uma necessidade de produto e a uma exigência funcional. Os planos são elaborados utilizando a cotação ISO (Internacional Standards Organization), que estabelece regras de representação universalmente aceites. Todas as características presentes nos planos emitidos pelo Gabinete de Estudos têm de ser respeitadas.

Relativamente a cada furo verifica-se que existem várias características associadas e que se mencionam seguidamente:

- Diâmetro, largura, profundidade;
- Localização;
- Planicidade, rectitude;
- Perpendicularidade, paralelismo;
- Circularidade, cilindridade;
- Rugosidade.

A cada uma destas características está associada uma tolerância que especifica uma margem de erro aceitável para a característica em questão.

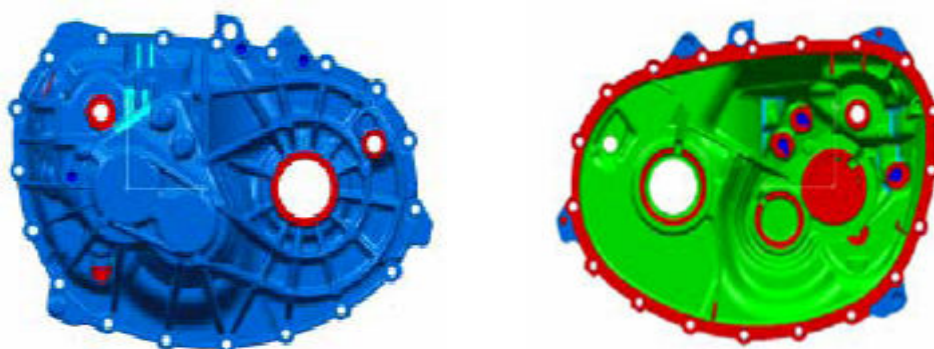
Estas características encontram-se hierarquizadas. Esta hierarquização tem por objectivo indicar a gravidade que uma não conformidade pode ter para a Renault.

Todas estas especificações contribuem para o bom funcionamento do conjunto.

Todos os Carters que chegam à CACIA são maquinados e depois da maquinação é feita uma triagem em que são avaliados em termos de: matéria, dimensões e estanqueidade como já foi descrito anteriormente.

Qualquer não conformidade encontrada nesta triagem será analisada e é avaliado o impacto que terá para o cliente sendo a peça colocada de parte (considerada sucata), ou não consoante a gravidade especificada no caderno de encargos para essa característica.





**Figura 18 - A vermelho estão assinaladas algumas áreas que são maquinadas nos Carters fornecidos à CACIA.**

### **4.1.3 - Características de um Caderno de Encargos do Carter**

O Caderno de Encargos é elaborado pelo Gabinete de Estudos tendo como principal função indicar quais os limites máximos de não conformidades admitidas, como: a dimensão dos poros, as zonas onde não podem ser admitidas, não conformidades, etc.

Em relação às não conformidades encontradas o Caderno de Encargos especifica uma tolerância, qualquer imperfeição isolada de dimensão inferior ou igual a 0,5 mm não deve ser tida em conta. Imperfeições do tipo excesso de matéria, fora de zonas funcionais brutas, não devem ser destacáveis após “granagem”. As faltas de matéria são admitidas se não prejudicarem a impermeabilidade do Carter.

### **4.1.4 - Tipos de não conformidades encontradas nos Carters**

Os Carters depois de maquinados podem apresentar vários tipos de não conformidades, que se descrevem resumidamente a seguir:

- Poros - originam-se quando os gases que existem dentro do metal líquido não são eliminados durante o processo de vazamento e solidificação;
- Excesso ou Faltas de Matéria - originam-se devido ao processo de solidificação, causado por projecto de massalote mal feito;

- Fissuras ou rachadelas - originam-se devido à qualidade ou tempo de arrefecimento da liga.
- Fugas – originam-se devido a porosidades, faltas de matéria ou fissuras;
- Arrastamento de Matéria – origina-se quando ao fazer o desacoplamento do molde a matéria ainda não está bem solidificada e vem com este.

Os restantes defeitos comuns nos produtos compostos por ligas de alumínio são eliminados ainda na fábrica do Fornecedor, uma vez que são detectados antes da maquinação, defeitos esses na sua maioria dimensionais.

A gravidade destes defeitos depende da zona onde aparecem e da sua dimensão, se forem encontrados em zonas funcionais (que são zonas que vão ter bastante impacto no funcionamento do conjunto) e tiverem dimensão maior do que 0,5 mm, o cárter é rejeitado. Se forem encontradas não conformidades fora destas zonas e que não originem qualquer tipo de fuga o Carter é aceite como conforme.

#### **4.1.5 - Dados analisados no decorrer do estudo**

Perante a descrição efectuada anteriormente da importância de determinadas características para garantir a conformidade deste tipo de peça, é feita seguidamente uma descrição das variáveis utilizadas na análise realizada.

Neste contexto, foi realizada uma recolha de todos os dados em relação às não conformidades encontradas nos Carters no ano de 2007 e seguidamente o seu tratamento estatístico. Neste trabalho foi utilizado um indicador que a Renault definiu como extremamente importante para indicar o nível de qualidade das peças, a análise de PPM's (Parte Por Milhão) que divide o número de peças não-conformes pelo número de peças fornecidas num milhão como demonstra a fórmula seguinte:

$$PPM = \frac{\text{Nº de peças não-conformes fornecidas}}{\text{Nº de peças fornecidas}} \times 1 \text{ milhão}$$

Com estes dados, e depois de efectuado o seu tratamento estatístico podemos tirar as respectivas conclusões acerca dos fornecedores mais penalizantes, zonas onde são encontradas as não conformidades, defeitos mais frequentes, o seu impacto, e a sua frequência.

#### 4.2- Análise das não conformidades encontradas nos Carters fornecidos à CACIA

A CACIA neste tipo de peça tem três Fornecedores. Por uma questão de confidencialidade e protecção dos fornecedores optou-se por não fazer referência aos seus nomes, denominando-os por Fornecedor A, B e C, sendo que o Fornecedor A fornece três tipos de Carter, dois de Mecanismo do tipo TL4 e ND e um de Embraiagem, o Fornecedor B fornece Carters de Embraiagem e o Fornecedor C Carters de Mecanismo ND.

Cada um destes Fornecedores no ano de 2007 não forneceu a mesma quantidade de Carters. Na tabela 1 encontram-se, para cada Fornecedor, o número de Carters por ele fornecido e a percentagem de Carters que a empresa fornece relativamente ao total de Carters recebido pela CACIA.

	Tipo de Carter	Fornecedor	Nº de Carters Rejeitados	Carters Fornecidos	Peso de cada Fornecedor (%)
Carters de Mecanismo	CM TL4	A	12631	357890	43,50%
	CM ND	A	1897	125630	15,30%
	CM ND	C	230	126778	15,40%
Carters de Embraiagem	CED	A	553	130496	15,90%
	CED	B	416	82125	10,00%
		Total	15727	822919	100%

**Tabela 1 - Número de Carters rejeitados e fornecidos de cada fornecedor e respectivo peso no seu fornecimento.**

Ao analisar a tabela, verifica-se que o Fornecedor A é o que fornece o maior número de Carters à CACIA. Dos 822919 Carters totais fornecidos, 357890 são de Mecanismo TL4 do Fornecedor A, o que representa 43,5% dos Carters. Verifica-se também que dos 15727 Carters rejeitados 12631 são Carters do tipo TL4 fornecidos pelo Fornecedor A, sendo este o Fornecedor que mais peso tem ao nível de fornecimento de Carters, ou seja, dos 822919, fornece 357890 Carters. Analisando os restantes Fornecedores verifica-se que o número de Carters rejeitados e fornecidos se situa bastante abaixo do Carter de Mecanismo TL4.

Na tabela 2 são apresentadas as não conformidades de uma forma mais generalizada, não fazendo referência ao tipo de Carter onde foram encontradas, sendo que na primeira coluna é dado o tipo de não conformidade, na segunda coluna a quantidade de Carters que apresentaram esta não conformidade e por fim na última coluna a percentagem com que a não conformidade apareceu nos Carters.

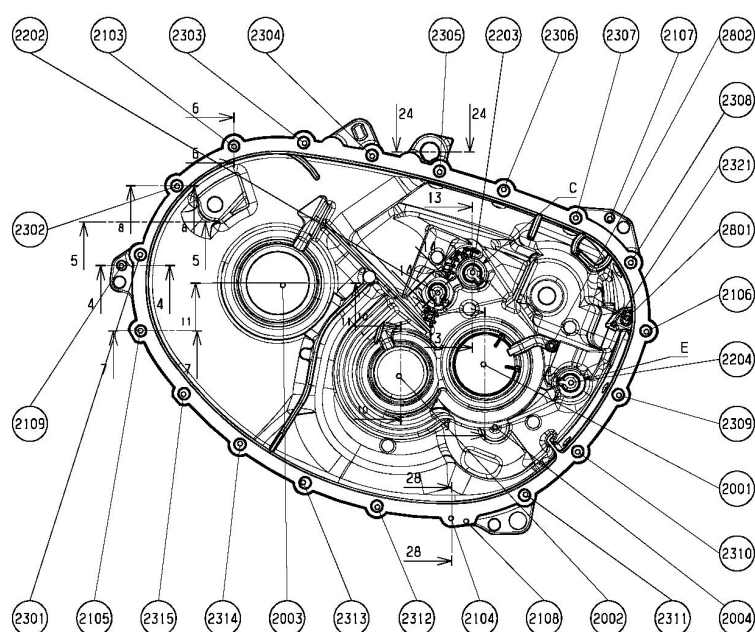
<b>Tipo de não conformidade</b>	<b>Nº de Carters Rejeitados</b>	<b>Percentagem (%)</b>
<b>Poros</b>	10762	68,4%
<b>Fissura</b>	1670	10,6%
<b>Fuga</b>	1228	7,8%
<b>Falta Matéria</b>	975	6,2%
<b>Excesso Matéria</b>	69	0,4%
<b>Incrustação</b>	43	0,3%
<b>Arrastamento Matéria</b>	20	0,1%
<b>Outras</b>	960	6,1%
<b>Total</b>	<b>15727</b>	<b>100%</b>

**Tabela 2 - Tipo de não conformidades presentes nos Carters, número de Carters rejeitados e respectiva percentagem.**

Analisando a tabela anterior podemos concluir que das 15727 não conformidades encontradas, 10762 apareceram na forma de Poros, o que representa 68,4% das não conformidades. A segunda não conformidade encontrada mais frequentemente foi sob a forma de fissuras, representando 10,6% das não conformidades, o que comparado com o valor anterior tem um menor grau de importância.

Relacionando as tabelas 1 e 2 verifica-se que dos 822.919 Carters fornecidos à CACIA, 15.727 foram rejeitados representando 1,9% dos Carters fornecidos.

Ao longo deste trabalho é também feita referência à localização das não conformidades encontradas. Essa localização é-nos dada através de um número que representa o Furo ou Local do Carter onde essa não conformidade foi encontrada. Nas figuras seguintes podemos observar duas imagens que esquematizam exactamente a localização de alguns Furos no Carter de Mecanismo e no Carter de Embraiagem:



**Figura 19 - Localização de alguns Furos no Carter de Mecanismo**

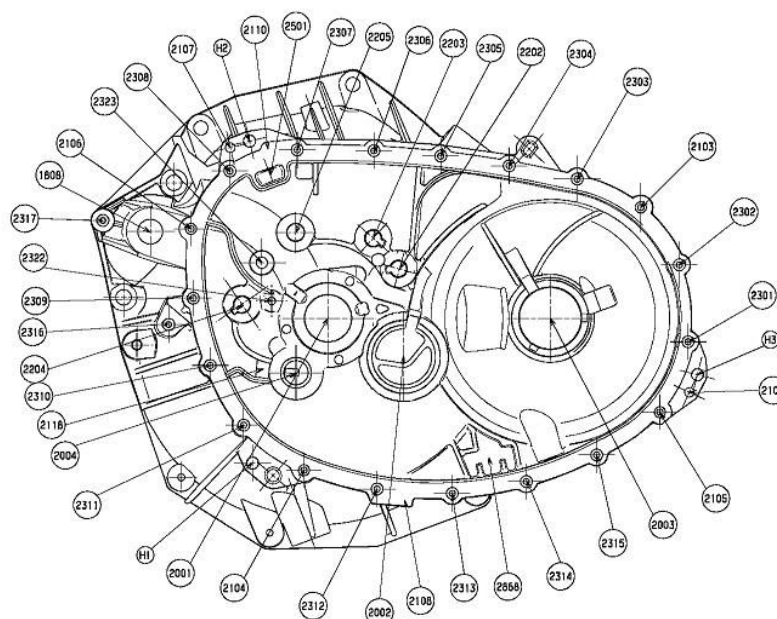


Figura 20 - Localização de alguns Furos no Carter de Embraiagem

## 4.2.1 - Carters de Embraiagem

A CACIA para este tipo de Carter tem dois Fornecedores, o Fornecedor A e o fornecedor B.

De seguida são apresentados os resultados obtidos para cada Fornecedor deste tipo de Carter.

### 4.2.1.1 - Carter de Embraiagem - Fornecedor A

De seguida é feita uma análise aos dados recolhidos para o Fornecedor A. Na tabela 3 são exibidos os dados relativamente à localização das não conformidades e ao nível de PPM nos Carters fornecidos por A, assim como o nível de PPM encontrado no ano de 2007 e a percentagem do nível de PPM que cada não conformidade e localização apresentam. Nas colunas referentes aos meses de Janeiro e Março, não existem dados devido a um problema informático ocorrido durante o ano a que este trabalho se refere. Este tipo de problema é repetido em todas as tabelas que se seguem.

Na análise efectuada os dados recolhidos foram colocados em tabelas para a sua compreensão se tornar mais simples.

Nessas tabelas é feita uma análise às não conformidades encontradas nos vários Carters fornecidos à CACIA, estas não conformidades são descritas pelo número de PPM, já definido anteriormente. Nas colunas que compõem as tabelas a coluna denominada Localização faz referência ao número dos furos ou zonas onde são encontradas as não conformidades; na coluna Defeito o tipo de não conformidades encontradas no Carter. Para melhor compreensão das tabelas que se seguem e ao analisar um valor da tabela, por exemplo o valor 267 PPM, verifica-se que no mês de Abril este tipo de Carter teve um nível de PPM de 267, no furo 2001, sendo que as não conformidades encontradas foram poros. Este valor foi calculado, dividindo o número de Carters rejeitados com este tipo de defeito, pelo nº de Carters fornecidos neste mês (valor indicado na linha Nº de Peças Fornecidas), multiplicando por um milhão. Analisando nessa mesma linha o número 368 referente à coluna PPM anual verificamos que para o ano de 2007, o nível de PPM anual no Furo 2001 em que o defeito são Poros, foi de 368 PPM, este número foi obtido, dividindo o número de Carters rejeitados com este defeito neste local ao longo do ano inteiro por 130496 que é o número de Carters total fornecidos no ano de 2007. Na coluna percentagem os valores são calculados, dividindo o PPM total por zona e defeito, pelo número de PPM total no ano de 2007, por exemplo divide-se 368 PPM por 4038 PPM o que dá em 9,11% dos PPM dos Carters situam-se no furo 2001 e apresentam-se na forma de Poros.

Para análise dos resultados obtidos optou-se por fazer uma representação gráfica das não conformidades encontradas, como podemos ver no seguimento do trabalho. No primeiro gráfico é feita uma representação gráfica do número de PPM para cada zona do Carter e, no segundo gráfico é feita uma análise mensal aos PPM encontrados em 2007 em cada peça de cada Fornecedor. Estes modelos de tabela e gráficos serão utilizados para todos os Carters de todos os Fornecedores.

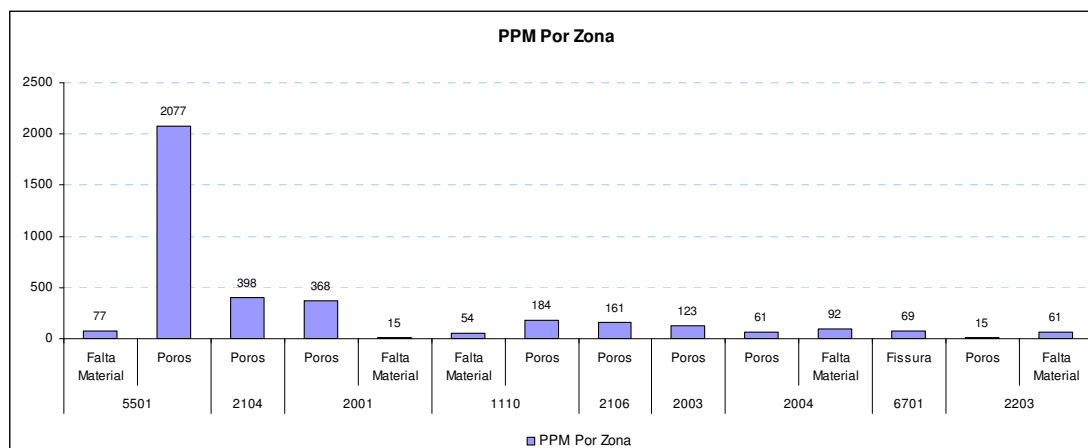
Para uma melhor compreensão da localização dos furos dos Carters foram colocadas no anexo 1 imagens referentes a cada Carter e uma tabela com o número furo, sua localização e função.

Localização (Nº do Furo)	Defeito	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGOST	SET	OUT	NOV	DEZ	PPM Anual	Porcentagem
5501	Falta Material		0		0	0	785	0	0	0	0	0	0	77	1,90%
	Poros		0		89	4314	9347	8720	0	126	396	477	515	2077	51,43%
	Poros		0		0	523	236	469	4122	253	158	613	0	398	9,87%
	Poros		0		267	131	314	2625	358	316	79	136	86	368	9,11%
2001	Falta Material		0		0	0	0	0	0	0	0	0	172	15	0,38%
	Falta Material		185		0	0	79	0	0	126	0	68	172	54	1,33%
1110	Poros		0		0	131	393	1406	179	63	0	0	86	184	4,55%
2106	Poros		0		0	0	0	1969	0	0	0	0	0	161	3,99%
2003	Poros		0		178	0	0	0	0	253	79	0	686	123	3,04%
	Poros		0		178	0	0	469	0	63	0	0	0	61	1,52%
2004	Falta Material		0		0	0	0	0	0	758	0	0	0	92	2,28%
	Fissura		0		800	0	0	0	0	0	0	0	0	69	1,71%
	Poros		0		89	0	0	0	0	0	0	68	0	15	0,38%
	Falta Material		1111		0	0	0	0	0	0	40	68	0	61	1,52%
2205	Poros		0		0	0	0	0	0	0	0	204	257	46	1,14%
5003	Poros		0		89	0	79	0	0	0	0	0	172	31	0,76%
2002	Poros		0		0	0	236	94	0	0	0	0	0	31	0,76%
2202	Falta Material		0		0	0	0	0	0	0	79	0	0	15	0,38%
1880	Falta Material		0		178	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0,38%
2110	Poros		0		0	0	0	0	0	63	0	0	0	8	0,19%
5004	Poros		0		0	0	0	0	0	63	0	0	0	8	0,19%
7000	Poros		0		0	0	0	0	0	63	0	0	0	8	0,19%
2010	Poros		0		0	0	0	94	0	0	0	0	0	8	0,19%
2322	Poros		0		0	0	0	0	0	0	0	68	0	8	0,19%
PPM Mensal		0	1296	0	1867	5098	11468	15846	4659	2146	832	1704	2145	4038	100%
Nº de Peças Fornecidas		0	5400	9810	11250	7650	12731	10665	5580	15840	25245	14670	11655	130496	

Tabela 3 – Nível de PPM das não conformidades encontradas nos Carters de Embraiagem do Fornecedor A e correspondentes percentagens



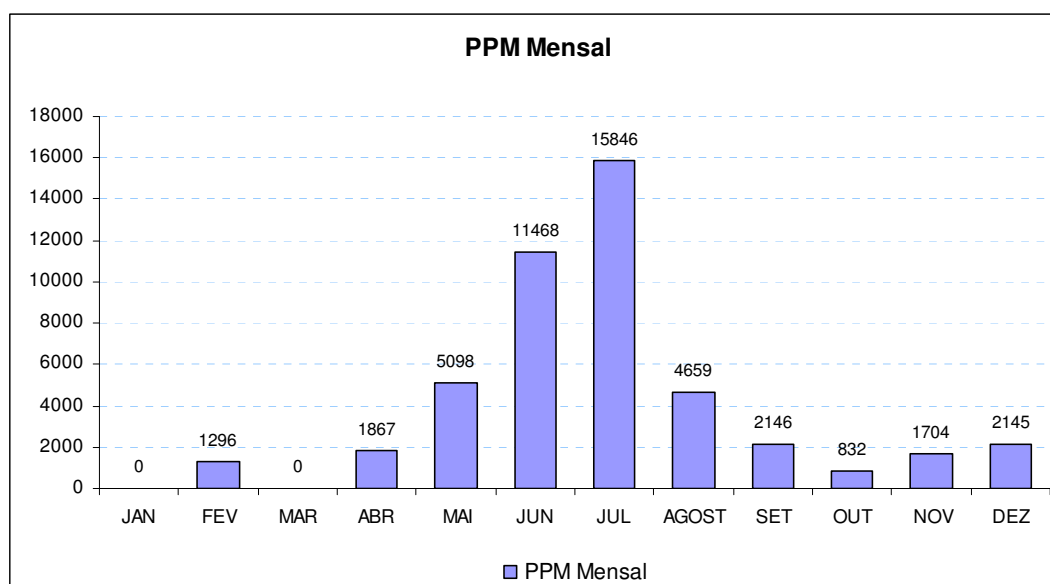
Na figura 21 está representado graficamente o nível de PPM encontrado nos Carters deste Fornecedor. Neste gráfico representam-se, por ordem os defeitos em PPM encontrados nos furos do referido Carter.



**Figura 21 - PPM por zona do Carter de Embraiagem Fornecedor A**

Ao analisar os resultados, verifica-se que em 130496 Carters maquinados mais de metade das não conformidades encontradas neste tipo de Carter se situam no furo 5501 que apresenta um nível de PPM de 2154, que representa 53,33% dos 4238 PPM totais, sendo que 2077 (51,43%) são poros e 77 (1,90%) falta de matéria. As outras não conformidades que ocorrem mais frequentemente situam-se no furo 2104, 2001 e 1110 apresentam um nível de PPM de 398 (9,87%), 383 (9,49%) e 238 (5,88%) respectivamente, divididas entre poros e faltas de material. As restantes não conformidades apresentam um índice de PPM mais baixo.

Seguidamente é feita uma análise mensal do nível de PPM, como documenta a figura 22:



**Figura 22 - Nível de PPM mensal do Carter de Embraiagem Fornecedor A**

Ao analisar o nível de PPM mensal para este Carter deste Fornecedor, verificamos que os meses de Junho e Julho que apresentam 11466 e 15846 PPM, representam 24,4% e 33,7% respectivamente dos PPM totais.

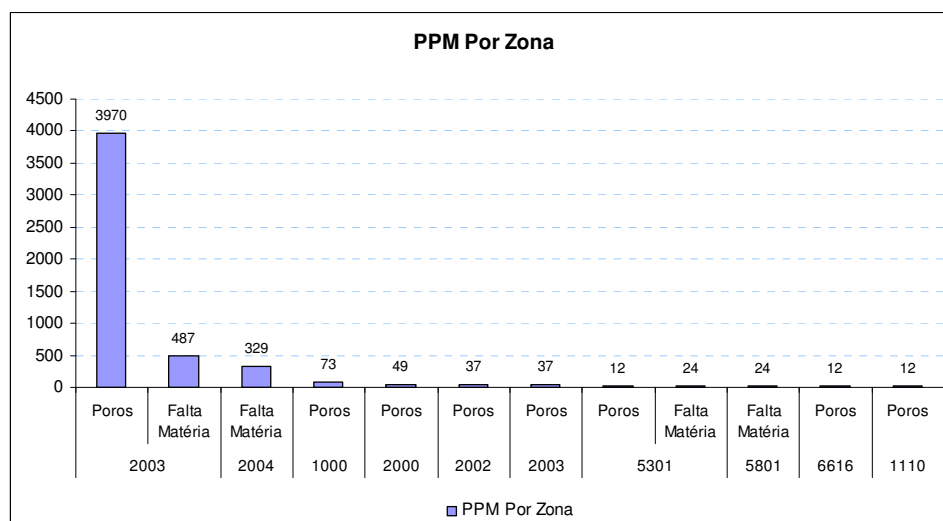
#### **4.2.1.2 - Carter de Embraiagem - Fornecedor B**

Utilizando a mesma estrutura da análise do Carter do Fornecedor anterior o nível de PPM das não conformidades encontradas foi colocado na tabela que se segue, sendo que nos meses de Janeiro e Fevereiro não existem dados, devido ao problema informático mencionado anteriormente.

Localização (nº do turo)	Defeito	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGOST	SET	OUT	NOV	DEZ	PPM Anual	Porcentagem PPM
2003	Poros	N	N	741	395	192	0	479	617	24198	15522	19259	1824	3970	78,17%
	Falta Matéria	o	o	0	0	96	0	137	0	0	335	0	5638	487	9,59%
2004	Falta Matéria	e	e	0	0	0	0	205	1389	0	0	0	2488	329	6,47%
1000	Poros	x	x	0	0	96	0	274	0	0	0	185	0	73	1,44%
2000	Poros	i	i	247	0	96	0	68	0	0	0	0	0	49	0,96%
2002	Poros	s	s	0	0	0	0	205	0	0	0	0	0	37	0,72%
2003	Poros	t	t	0	0	0	0	0	0	0	223	0	166	37	0,72%
5301	Poros	m	m	0	0	0	0	68	0	0	0	0	0	12	0,24%
	Falta Matéria	d	d	0	0	0	0	137	0	0	0	0	0	24	0,48%
5801	Falta Matéria	a	a	0	0	0	0	0	0	0	0	370	0	24	0,48%
6616	Poros	d	d	0	99	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0,24%
1110	Poros	s	s	0	0	0	126	0	0	0	0	0	0	12	0,24%
	PPM Mensal	0	0	988	494	481	126	1573	2006	24198	16080	19815	10116	5065	100%
	Nº de Peças Fornecidas	0	0	8100	10125	10395	7965	14625	6480	2025	8955	5400	6030	82125	

Tabela 4 – Nível de PPM das não conformidades encontradas nos Carters de Embraiagem do Fornecedor B e correspondentes percentagens

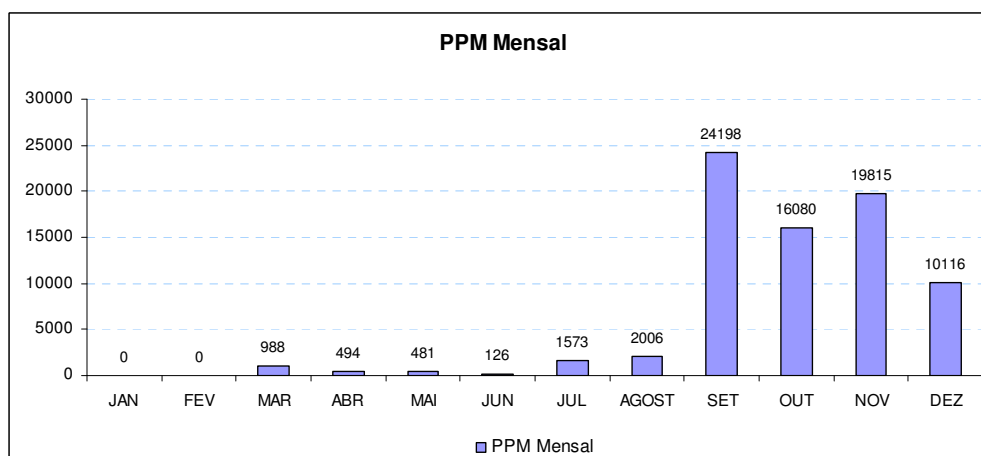
Seguidamente estão demonstrados os resultados graficamente, sendo feita uma análise de PPM por Zona.



**Figura 23 - PPM por zona do Carter de Embraiagem Fornecedor B**

Ao analisar os resultados, verifica-se que nos 82125 Carters maquinados a grande maioria das não conformidades encontram-se no furo 2003 que apresenta um nível de PPM de 4457 o que representa 87,76% dos 5194 PPM totais, sendo que 3970 (78,17%) são poros e 487 (9,59%) são Falta de matéria. As outras não conformidades que ocorrem com mais frequência encontra-se no furo 2004, que apresenta um nível de PPM de 329 o que comparado com o resultado anterior não é muito relevante, pelo que só representa 6,47% das não conformidades.

De seguida é feita uma análise mensal aos PPM deste Fornecedor neste tipo de Carter.



**Figura 24 - Nível de PPM mensal do Carter de Embraiagem Fornecedor B**

Ao realizar uma análise mensal, verifica-se que os últimos meses do ano foram os que mais problemas apresentaram, como são o caso dos meses de Setembro, Outubro e Novembro que apresentam um nível de PPM de 24198, 16080 e 19815 PPM, o que representa 31,9%, 21,2% e 26,1% respectivamente dos PPM totais, havendo uma ligeira melhoria no mês de Dezembro, mas mesmo assim apresenta um nível de PPM algo elevado em comparação com os restantes meses do ano.

#### **4.2.1.3 - Conclusão**

Analisando os resultados destes dois Fornecedores para este tipo de Carter, verifica-se que o que apresenta melhores resultados é o Fornecedor A, que obteve para o ano em estudo um nível de PPM inferior ao do outro Fornecedor na ordem dos 1000 PPM.

Pode-se também verificar que o Fornecedor A é o fornecedor que apresenta uma maior variedade de não conformidades e nas mais variadas zonas do Carter, sendo que o B apresenta as não conformidades mais localizadas do que o Fornecedor A. Os Carters dos dois Fornecedores apresentam as não conformidades em áreas diferentes. No cárter do Fornecedor A, verifica-se que as não conformidades se situam em grande número no furo 5501 e sob a forma de poros, ao passo que no Carter do Fornecedor B uma grande quantidade de não conformidades encontram-se situadas no furo 2003.

À partida, depois desta análise parece mais fácil resolver o problema do Fornecedor B do que do A, uma vez que se encontram mais localizadas.

#### **4.2.2 - Carters de Mecanismo**

A CACIA para este tipo de Carter tem dois Fornecedores, o Fornecedor A, que fornece dois tipos de Carter de Mecanismo, o Carter para a Caixa de Velocidades ND0 e o da Caixa TL4 e o Fornecedor C que fornece os Carters da caixa ND0.

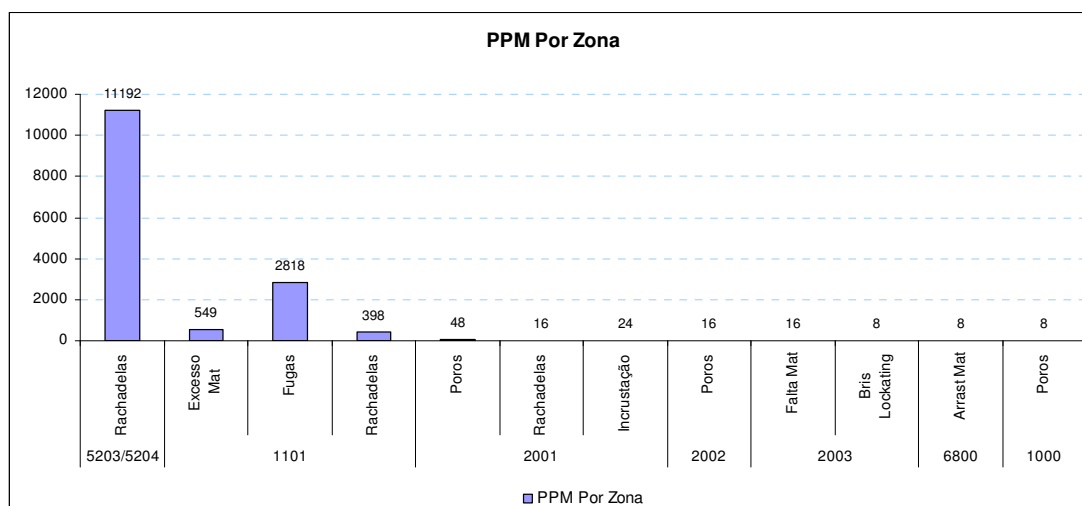
#### **4.2.2.1 - Carter de Mecanismo ND0 - Fornecedor A**

A análise efectuada para este tipo de Carter é a mesma que a análise feita para os Carters de Embraiagem. Seguidamente na tabela 5 estão representados os resultados obtidos para o Carter de Mecanismo do Fornecedor A para o Carter de Mecanismo ND0, sendo depois é feita uma representação gráfica de alguns dados contidos na tabela.

Localização (nº do Furo)	Defeito	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGOST	SET	OUT	NOV	DEZ	PPM Anual	Porcentagem
5203/5204	Rachadelas	10769	6834	7974	9579	16946	48611	18756	1048	9322	2971	3302	0	11192	74,12%
	Fugas	4337	2865	1354	1796	1921	0	3917	7162	6712	4457	0	0	2818	18,66%
	Excesso Mat	5160	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	549	3,64%
1101	Rachadelas	0	0	0	0	174	0	0	0	0	0	0	6379	398	2,64%
	Poros	0	0	300	149	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0,32%
	Rachadelas	0	0	0	0	174	0	0	0	0	0	0	0	16	0,11%
2001	Incrustação	224	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0,16%
	Poros	0	0	0	149	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0,11%
	Falta Mat	0	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0,11%
2003	Bris Lockating	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,05%
	Arrast Mat	0	0	75	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,05%
	Poros	0	0	0	74	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0,05%
6800	Total	20564	9699	9853	11747	19215	48611	22673	8210	16034	7428	3302	6379	15100	100%
	Nº de Peças fornecidas	13371	9072	13293	13362	11448	8928	8424	5724	10727	13461	10296	7524	125630	

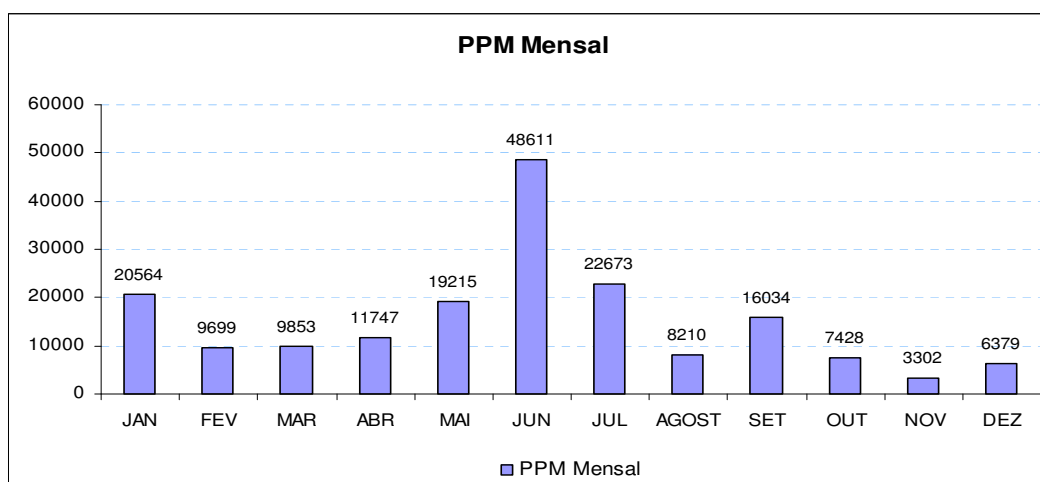
Tabela 5 – Nível de PPM das não conformidades encontradas nos Carters de Mecanismo ND do Fornecedor A e respectivas percentagens.

Seguidamente, na figura 25 está representado graficamente o nível de PPM encontrado nos Carters deste Fornecedor. No gráfico é feita uma representação ordenada as não conformidades em PPM encontradas nos furos do referido Carter.



**Figura 25 - PPM por Zona do Carter de Mecanismo ND Fornecedor A**

Ao analisar os resultados, verifica-se que em 125630 Carters maquinados a grande maioria das não conformidades encontram-se nos furos 5203/5204 que apresentam um nível de PPM de 11192, que representa 74,12% dos 15100 PPM totais, estas não conformidades apresentam-se na forma de rachadelas/fissuras. As outras não conformidades que ocorrem mais frequentemente são fugas que apresentam um nível de PPM de 2818 (18.66%). As restantes não conformidades encontradas apresentam um índice de PPM mais baixo, situando-se abaixo dos 4%, não tendo assim grande impacto nesta análise.



**Figura 26 - Nível de PPM mensal do Carter de Mecanismo ND Fornecedor A**



Ao fazer uma análise mensal, verifica-se que o mês de Junho apresenta um nível de PPM de 48611, o que representa 26,5% dos PPM totais tendo mais do dobro dos PPM do mês de Julho que é o segundo mês com mais PPM.

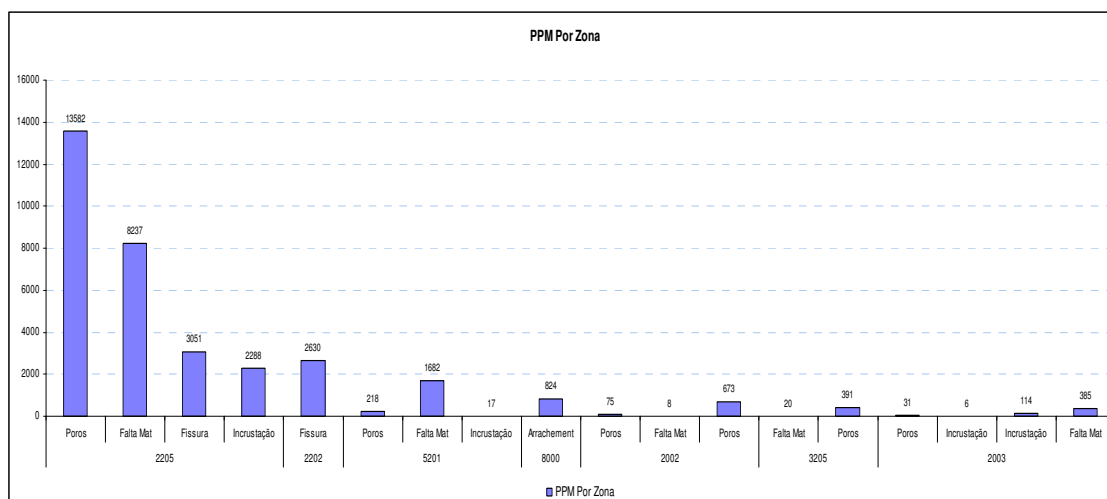
#### **4.2.2.2 - Carter de Mecanismo TL4 - Fornecedor A**

A tabela 6 demonstra as não conformidades encontradas para o Carter de Mecanismo TL4 Fornecidos pelo Fornecedor A.

Localização (nº do Furo)	Defeitos	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGOST	SET	OUT	NOV	DEZ	PPM Anual	Porcentagem
2205	Poros	23398	26739	12677	0	2421	10088	5424	8847	14241	29167	19656	25490	13582	38,60%
	Falta Mat	0	374	0	0	0	2206	0	0	0	552	206	0	277	0,79%
	Fissura	0	0	0	0	77	0	0	0	0	0	0	0	8	0,02%
	Incrustação	0	124	0	0	0	0	0	0	0	0	0	285	28	0,08%
5201	Poros	19465	8174	7841	0	1803	0	6725	2831	7088	16286	11350	27110	8237	23,41%
	Falta Mat	0	1185	0	0	0	0	0	76	0	0	103	0	114	0,33%
	Incrustação	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	484	0	25	0,07%
	Poros	7068	7145	7896	0	669	870	1925	2295	1203	2116	1031	3239	3051	8,67%
5701	Falta Mat	0	0	0	0	0	0	6536	0	0	0	0	0	673	1,91%
	Fuga	3448	1435	4699	0	2292	4630	2142	1453	1561	2760	1083	714	2288	6,50%
	Poros	313	468	519	0	103	403	3037	994	748	2392	7635	9148	1682	4,78%
	Incrustação	0	0	490	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	0,15%
2000	Falta Mat	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	571	33	0,10%
	Poros	1282	624	765	0	128	839	379	612	975	920	515	809	625	1,78%
	Fissura	0	280	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0,07%
	Falta Mat	0	0	191	0	0	0	0	5815	228	1978	7738	905	844	2,40%
3205	Falta Mat	0	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0,02%
	Poros	0	0	0	0	0	4350	0	0	0	0	0	0	391	1,11%
	Poros	0	0	0	0	0	93	0	0	163	0	0	0	22	0,06%
	Falta Mat	0	0	0	0	0	0	433	1989	0	552	0	0	151	0,43%
2001	Falta Mat	0	0	0	0	0	0	894	0	0	322	0	381	134	0,38%
	Falta Mat	0	0	0	0	0	839	0	0	0	0	0	0	75	0,21%
	Arrachement	0	0	0	0	0	0	0	0	618	0	0	0	53	0,15%
	Poros	114	0	0	0	0	0	0	0	455	0	0	0	50	0,14%
8000	Fissura	0	0	0	0	0	0	352	0	0	0	0	0	36	0,10%
	Poros	114	0	0	0	51	155	0	0	0	0	0	0	31	0,09%
	Poros	171	0	0	0	0	0	0	153	0	0	0	0	23	0,07%
	Peças Misturadas	0	0	0	0	180	0	0	0	0	0	0	0	20	0,06%
Nervura MAR	Poros	142	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0,04%
	Fissura	0	0	0	0	51	0	0	0	0	0	0	0	6	0,02%
	Outras Causas	317	316	489	14969	262	5098	1335	617	585	1104	386	863	2630	7,47%
	PPM Mensal	55832	46864	35601	14969	8037	29551	29182	25482	27864	58149	50147	69515	35184	100%
Nº de Peças Fornecidas		35087	32050	36600	40348	38820	32181	36872	13068	30756	21737	19383	20988	357890	

Tabela 6 – Nível de PPM das não conformidades encontradas nos Carters TL4 do Fornecedor A e correspondentes percentagens.

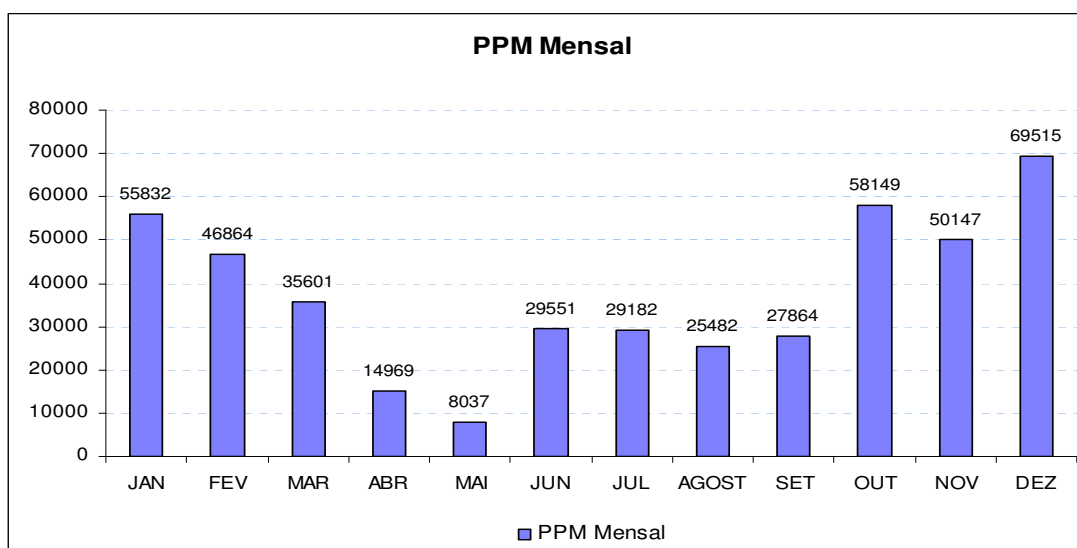
Na figura 27 está representado graficamente o nível de PPM encontrado nos Carters deste Fornecedor. Neste gráfico representam-se, por ordem os defeitos em PPM encontrados nos furos do referido Carter.



**Figura 27 - PPM por zona do Carter de Mecanismo TL4 Fornecedor A**

Neste tipo de Carter optou-se por apresentar no gráfico apenas as não conformidades mais significativas, uma vez que este Carter é o que apresenta o maior e mais variado número de não conformidades.

Ao analisar os resultados, verifica-se que em 357890 Carters maquinados a grande maioria das não conformidades situam-se no furo 2205 que apresenta um nível de PPM de 13895, o que representa 39,49% dos 35184 PPM totais, sendo que 13582 (38,6%) são poros. Encontram-se também um grande número de não conformidades no furo 5201 (23,81%), sendo que 8237 são poros (23,41%). As outras não conformidades que ocorrem com mais frequência são fugas 2288 PPM (6,50%), e poros nos furos 5701 e 2003 com 3051 (8,67%) e 1682 (4,78%) PPM respectivamente. As outras não conformidades encontradas apresentam um índice de PPM mais baixo.



**Figura 28 - Nível de PPM mensal do Carter de Mecanismo TL4 A**

Ao fazer uma análise mensal, verifica-se que nos meses de Janeiro e Fevereiro existe um elevado nível de PPM, tendo melhorado nos meses seguintes. Mas nos meses de Outubro, Novembro e Dezembro piorou significativamente, sendo que no ano de 2007 foram os que piores resultados apresentaram.

#### **4.2.2.3 - Carter de Mecanismo ND0 - Fornecedor C**

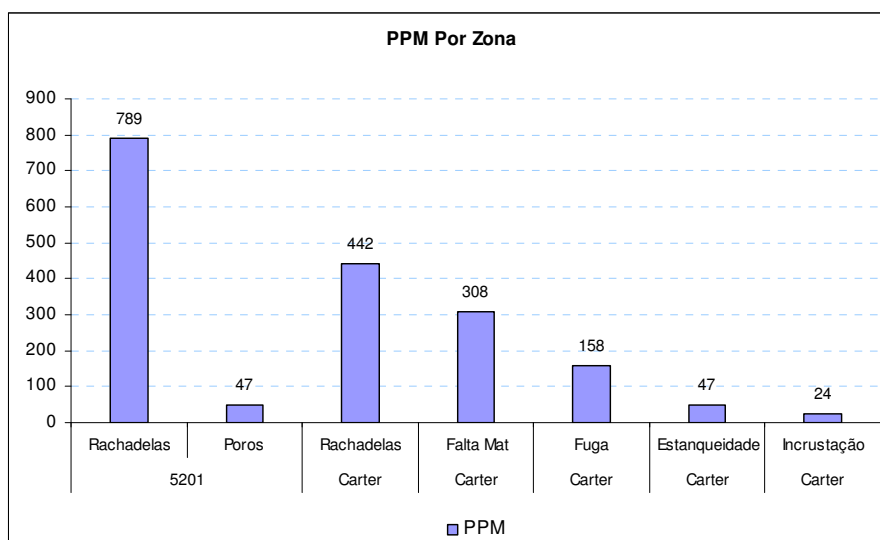
Os Carters de mecanismo da Caixa de Velocidades ND0 têm outro Fornecedor, denominado neste trabalho de Fornecedor C.

Na 7 tabela onde estão representadas as não conformidades encontradas nos Carters deste Fornecedor. A localização das não conformidades neste Carter é menos detalhada, uma vez que os dados recolhidos não faziam referencia à localização exacta dessas mesmas não conformidades, excepto para o furo 5201.

Localização (nº do Furo)	Defeito	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGOST	SET	OUT	NOV	DEZ	PPM Anual	Porcentagem
5201	Rachadelas	80	0	0	169	0	780	412	0	1397	5254	0	0	789	43,48%
	Poros	0	0	475	0	0	0	0	0	0	0	0	0	47	2,61%
Carter	Rachadelas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2633	3074	442	24,35%
Carter	Falta Mat	0	0	0	0	0	0	0	0	3406	0	0	0	308	16,96%
Carter	Fuga	160	0	0	84	277	0	825	1633	0	0	0	0	158	8,70%
Carter	Estanqueidade	0	0	0	0	0	0	0	0	524	0	0	0	47	2,61%
Carter	Incrustação	0	0	0	0	69	0	0	0	174	0	0	0	24	1,30%
Total		240	0	475	253	346	780	1237	1633	5501	5254	2633	3074	1814	100%
Nº de Peças fornecidas		12492	10290	12627	11808	14396	8964	7272	4284	11448	13511	10254	9432	126778	

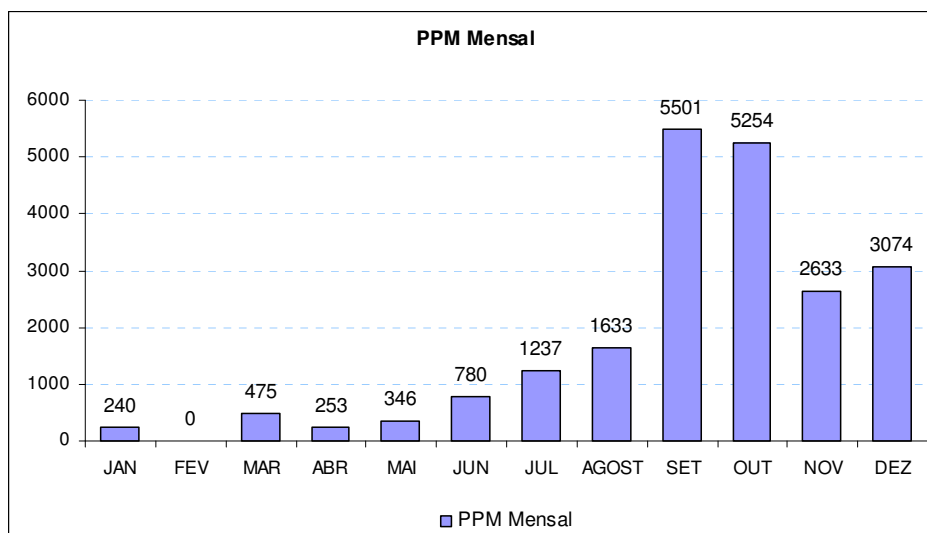
Tabela 7 – Nível de PPM das não conformidades encontradas nos Carters de Mecanismo do Fornecedor C e correspondentes percentagens.

Na figura 29 está representado graficamente o nível de PPM encontrado nos Carters deste Fornecedor. Neste gráfico representam-se por ordem os defeitos em PPM encontrados nos furos do referido Carter.



**Figura 29 - PPM por zona do Carter de Mecanismo Fornecedor C**

Ao analisar os resultados, verifica-se que em 126778 Carters maquinados a grande maioria das não conformidades encontram-se no furo 5201 que apresenta um nível de PPM de 836, representando 46,09% dos 1814 PPM totais, sendo que 789 PPM (43,48%) são rachadelas/fissuras e 47 PPM (2,61%) são poros. As outras não conformidades que ocorrem com mais frequência são rachadelas e faltas de material um pouco por todo o Carter, que apresentam um nível de PPM de 442 (24,35%) e 308 (16,96%) respectivamente. As restantes não conformidades encontradas apresentam um nível de PPM mais baixo.



**Figura 30 - Nível de PPM mensal para o Carter de Mecanismo Fornecedor C**

Ao fazer uma análise mensal, verifica-se que os meses de Setembro e Outubro apresentam um nível de PPM de 5501 e 5254 PPM, o que representa 25,7% e 24,5% respectivamente dos PPM totais, tendo melhorado nos dois meses seguintes.

#### 4.2.2.4 - Conclusão

Ao analisar os resultados destes Fornecedor para este tipo de Carter, verifica-se que o Carter que apresenta melhores resultados é o Carter ND0 do fornecedor C, que obteve para o ano em estudo um nível de PPM de 1814 que é aproximadamente dezanove vezes inferior ao da TL4, que apresentou um nível de PPM de 35 184 PPM.

Ao fazer uma comparação ao nível de PPM só para o Carter ND0, verifica-se que os Carters do Fornecedor A apresentam um nível de PPM aproximadamente oito vezes superior ao do Fornecedor C.

Ao nível da localização das não conformidades verifica-se que o Carter TL4 do Fornecedor A apresenta uma das não conformidades mais frequente no furo 5201, esta não conformidade é também frequente no Carter do Fornecedor C, o que demonstra que é uma zona propícia ao aparecimento de não conformidades. No Carter da TL4 foram também encontradas bastantes não conformidades no furo 2205, não sendo encontrada nenhuma não conformidade neste furo em qualquer outro Carter. Nos Carters ND0 verifica-se que para o Fornecedor A as não conformidades concentram-se nos furos 5203/5204.

O resultado para o Carter TL4 do Fornecedor A já era esperado, uma vez que este tipo de Carter representa 59% dos PPM globais das peças fornecidas por fornecedores externos à CACIA.



### 4.3 - Comparação entre Fornecedores

Na tabela que se segue é feita uma comparação das não conformidades encontradas nos vários Fornecedores. Na primeira coluna da tabela faz-se referência ao tipo de Carter analisado Carter de Mecanismo (CM) e Carter de Embraiagem (CED), sendo que a segunda coluna se refere ao Fornecedor. Da terceira coluna até à oitava é feita uma análise em PPM a cada tipo de não conformidade. A coluna Total PPM faz referência ao número de PPM total para cada Carter de cada Fornecedor.

Tipo de Carter	Fornecedor	Nível de PPM (por defeito)								Total PPM
		Poros	Fissura	Fuga	Falta Matéria	Excesso Matéria	Incrustação	Arrastamento Matéria	Outras	
CM TL4	A	27708	50	2288	2307	0	103	53	2675	35184
CM ND	A	72	11606	2818	16	549	24	8	7	15100
CM ND	C	47	1231	205	308	0	23	0	0	1814
CED	A	3535	69	0	329	0	0	0	0	4238
CED	B	4138	0	0	800	0	0	0	0	5194
Total PPM 2007		19111								

Tabela 8 - Comparação do nível de PPM entre Fornecedores por defeito

No gráfico da figura 31 pode-se visualizar o número total de PPM para cada Carter de cada Fornecedor.

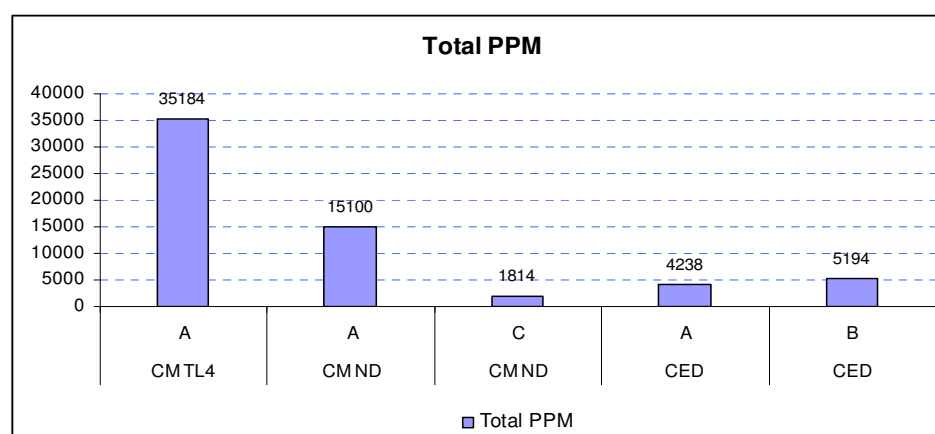


Figura 31 - PPM total para cada Carter de cada Fornecedor

Ao analisar a tabela e o gráfico anteriores verifica-se que no ano de 2007 o nível de PPM total foi de 19111. Pode-se também observar que os Carters de Mecanismo TL4 do Fornecedor A foram os que maior nível de PPM obtiveram. O

nível de PPM para este Carter foi de 35184 PPM, o que está bastante acima do nível médio de PPM para esse ano, já os outros Fornecedores apresentam um nível de PPM bastante abaixo do nível médio.

Na tabela verifica-se que o nível de PPM total para o ano de 2007 foi de 19111 PPM, este valor foi calculado da seguinte forma: o número de não conformidades total de todos os Carters e Fornecedores nesse ano a dividir pelo número de Carters fornecidos, sendo depois esse número multiplicado por um milhão.

#### **4.5 – Análise das perdas em consequência da rejeição dos Carters**

Nesta secção é feita uma análise das perdas em termos de custo e de tempo de maquinação de cada tipo de Carter. Ao serem rejeitados os Carters que apresentam os tipos de não conformidades apresentadas anteriormente, a CACIA está a perder tempo e dinheiro na sua maquinação, uma vez que a triagem dos Carters só é realizada depois desta. Seguidamente é feita análise em que é contabilizado o custo e tempo totais de maquinação dos Carters rejeitados. Cada Carter de Embraiagem tem em média um tempo de maquinação de 8 minutos, sendo a sua cadência de 0,636 minutos para cada Carter. Para o caso do Carter de Mecanismo, o tempo de maquinação é de 12 minutos de maquinação para o ND e 8 minutos para o TL4, sendo a cadência da linha de 0,946 e 0,657 minutos respectivamente. Em termos de custos de maquinação um Carter de Mecanismo tem um custo aproximado de 10 € para o TL4 e de 29 € para o ND0, já para os Carters de Embraiagem o custo é de 19 €. Ou seja, se forem multiplicados estes valores pelo número de Carters rejeitados são obtidos os tempos e os custos de maquinação totais para cada tipo de Carter.

A tabela 9 traduz exactamente o que foi descrito em cima. A coluna do Valor de Transformação (VT) representa o custo unitário de maquinação de cada Carter, sendo que na coluna custo total está representado o custo de todas as unidades maquinadas e que foram rejeitadas. Na coluna tempo, está representado o tempo gasto em minutos na maquinação de cada Carter e na coluna tempo total o número de dias perdidos na maquinação de cada tipo de Carter.

Tipo de Carter	Fornecedor	Custo VT	Cadência da Linha (min)	Sucata	Custo Total	Tempo Total (dias)	Custo (%)	Tempo (%)
CM TL4	A	10 €	0,657	12631	126.310 €	5,75	61,2%	76,0%
CM ND	A	29 €	0,946	1897	55.013 €	1,25	26,7%	16,5%
CM ND	D	29 €	0,946	230	6.670 €	0,15	3,2%	2,0%
CED	A	19 €	0,636	553	10.507 €	0,24	5,1%	3,2%
CED	B	19 €	0,636	416	7.904 €	0,18	3,8%	2,4%
Total				15727	206.404 €	7,57	100%	100%

**Tabela 9 - Custo e tempo de maquinação dos Carters para o ano de 2007**

Ao fazer uma análise à tabela verifica-se que a CACIA teve um enorme prejuízo com os Carters de Mecanismo TL4 do Fornecedor A, dos 206.404€ totais de prejuízo este Carter representa 61,2% o que é aproximadamente duas vezes superior ao segundo Carter que deu mais prejuízo que representa 26,7% do valor total, ao passo que os Carters do fornecedor C foram os que menos prejuízos deram, apenas 7.904€ (3,8%).

Em termos temporais, verifica-se que nos Carters TL4 do Fornecedor A foram perdidos 5,75 dias de maquinação, ou seja se a linha de maquinação tivesse estado só a maquinar continuamente estes Carters estaria quase uma semana a maquinar Carters não conformes, este valor representa 76% do tempo perdido a maquinar Carters não conformes, no entanto deve-se ter em conta que este Fornecedor também foi o que mais Carters forneceu.

No total dos Carters maquinados verifica-se que a linha esteve 7,57 dias a maquinar os 15727 Carters não conformes, representando um prejuízo de 206.404€. Em termos temporais pode-se fazer também outro tipo de análise, caso só entrasse na linha um Carter depois do anterior ter sido maquinado, o tempo total da maquinação destes Carters seria de 92 dias, este valor é obtido fazendo a multiplicação do tempo total de maquinação de todos os Carters pelo número de Carters rejeitados.

#### 4.6- Acções de melhoria

Os resultados obtidos neste estudo revelaram-se muito aquém dos objectivos propostos pela CACIA que se viu forçada a tomar medidas. Essas medidas passaram pela revisão do Caderno de Encargos, uma vez que se verificou que os limites

impostos para a dimensão dos poros eram demasiado apertados, sendo que acabava por rejeitar Carters que funcionavam normalmente, não comprometendo a qualidade do produto final. Outra medida implementada foi solicitar ao Fornecedor que capitaliza-se as acções de melhoria aplicadas nos moldes com bons resultados aos moldes com resultados menos bons.

As melhorias aplicadas já começaram a revelar resultados positivos, uma vez que o Carter de Mecanismo TL4 do Fornecedor A apresenta um ganho de aproximadamente 29000 PPM nos primeiros meses de 2008, relativamente ao nível de PPM total obtido no ano de 2007.

Com a capitalização dos moldes com bons resultados espera-se assistir a uma melhoria contínua da qualidade dos Carters durante o ano de 2008.

## 5 - Conclusões

Neste trabalho fez-se uma análise às não conformidades encontradas nos Carters de Mecanismo e de Embraiagem fornecidos a CACIA por Fornecedores externos.

Desta análise conclui-se que o Fornecedor mais penalizante para a CACIA é o A, uma vez que apresenta um nível de defeitos em partes por milhão (PPM) elevado para os Carters de Mecanismo TL4, representando aproximadamente 59% dos PPM globais dos produtos fornecido à CACIA por fornecedores externos. Este resultado é ainda agravado pelo facto de este Fornecedor ser o que mais Carters fornece à CACIA.

Os resultados revelam que o prejuízo em termos de tempo perdido e a nível económico se traduz em 126310 € e 5,75 dias, para os Carters que deram mais prejuízos, ou seja os Cartes TL4. Em termos globais a CACIA com os Carters, teve um prejuízo económico total de 206.404€ e a nível temporal de 7,57 dias.

O Fornecedor, se pretender alcançar um nível de qualidade aceitável, terá de conhecer bem o seu processo e, depois de conseguir obter bons resultados com determinado molde, tentar copiar as acções efectuadas nesse mesmo molde para os restantes.

No estudo efectuado, verificou-se que era possível rever as exigências do Caderno de Encargos, sendo que actualmente a dimensão máxima das porosidades admitidas é maior em zonas que têm menos impacto no produto final. Estas duas acções resultaram numa melhoria significativa nos resultados dos primeiros meses do ano de 2008. Neste momento verifica-se que os Carters de Mecanismo TL4 do

Fornecedor A apresentam um ganho de 29000 PPM em relação ao nível de PPM total do ano de 2007.

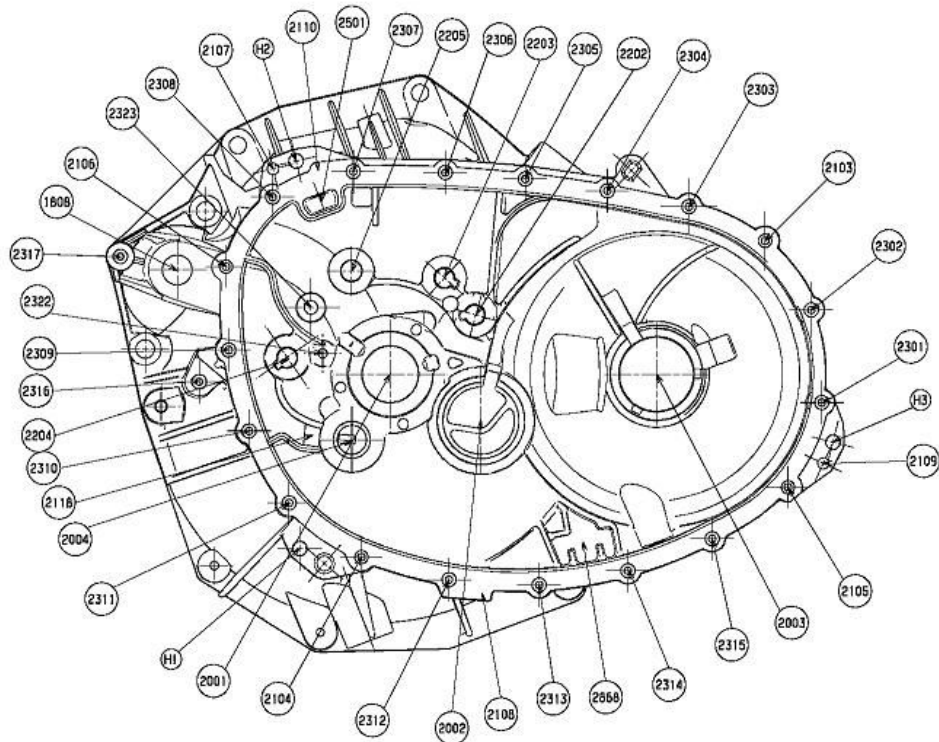
É importante que os fornecedores e a CACIA tenham presente que neste tipo de peça surgem sempre defeitos, tais como poros, fissuras, fugas, excesso e falta de matéria, devido à própria natureza do alumínio e do processo de injeção e que uma solução para este problema é afastar os referidos defeitos das zonas funcionais onde têm mais impacto.

## **Bibliografia**

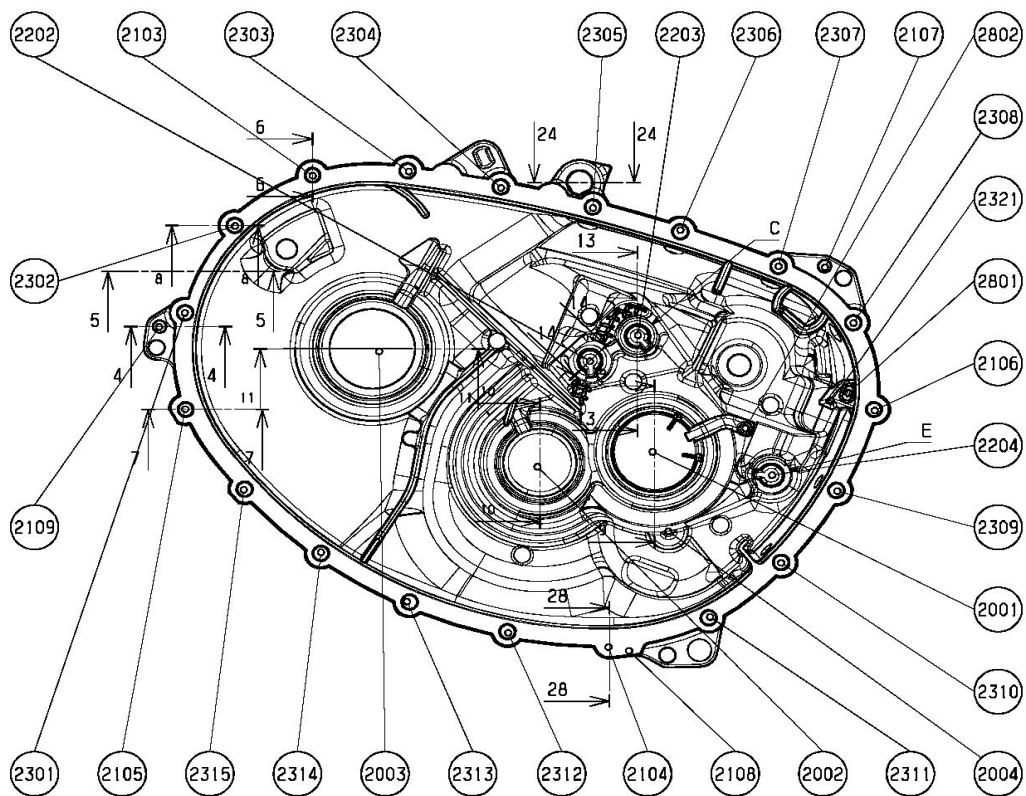
## **Anexos**



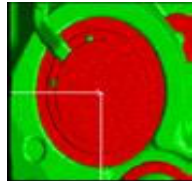


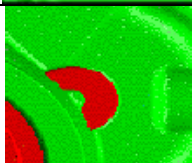
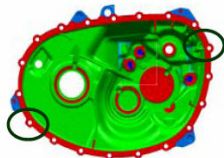
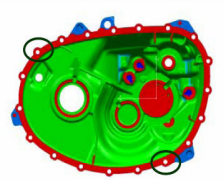
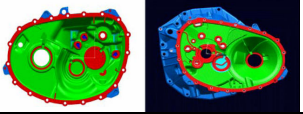
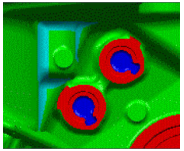
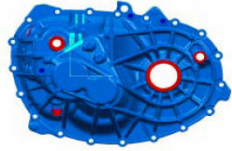
**Anexo 1 – Esquemas e tabelas da localização e numeração dos Furos dos Carters, sua função e respectiva imagem.**

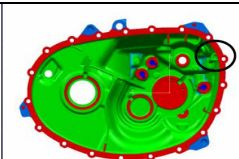
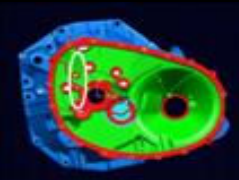


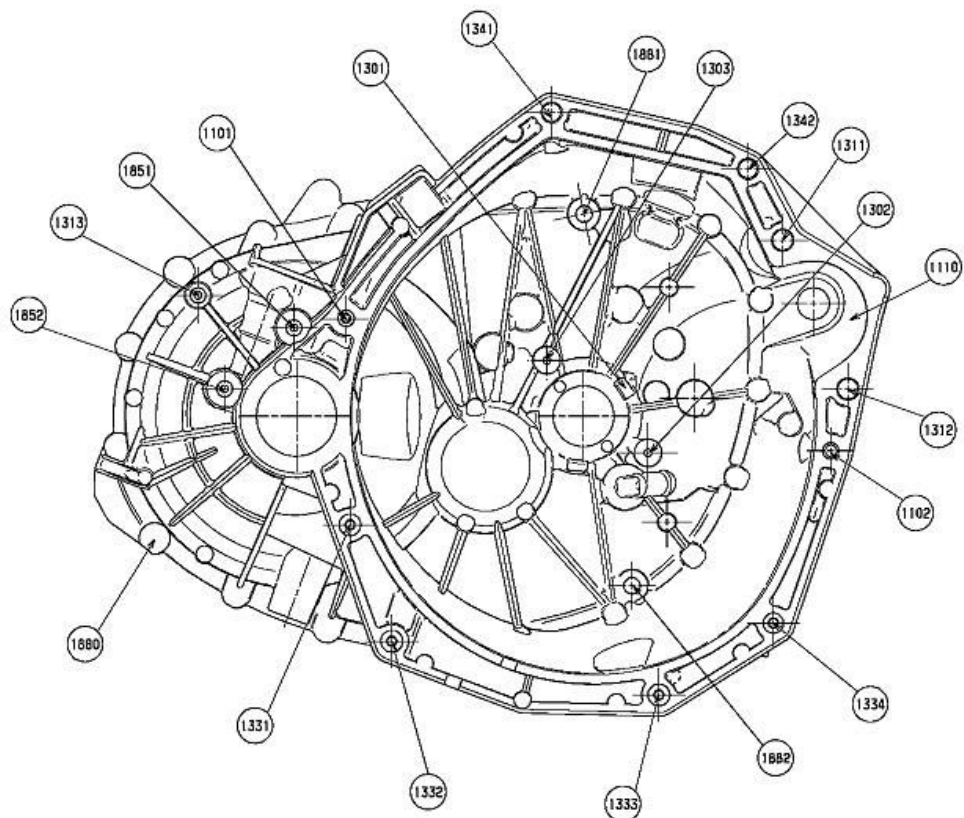
**Carter de Embraiagem**

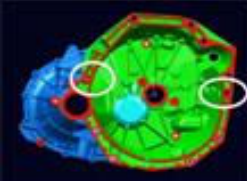
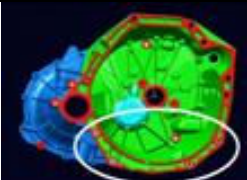


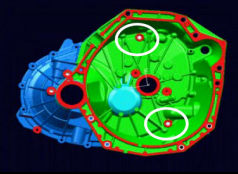
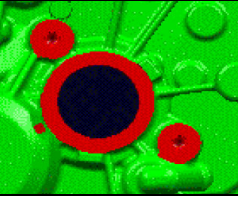
**Carter de Mecanismo**

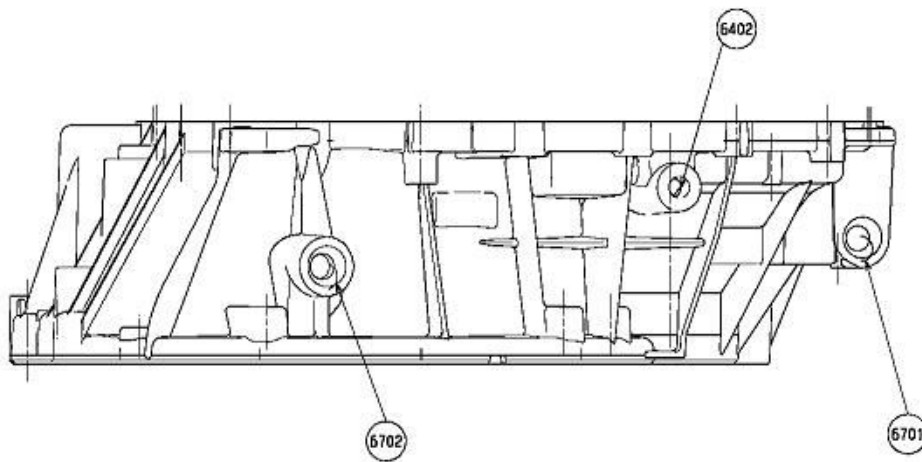
Furo	Função	Imagem
2001	Os furos da árvore primária têm a função de: <ul style="list-style-type: none"> <li>Alojar os rolamentos que suportam o esforço da árvore (<math>\varnothing 62H6</math>);</li> <li>Alojar a junta de estanqueidade (<math>\varnothing 42H7</math>) (no caso do carter de embraiagem).</li> </ul>	
2002	Os furos da árvore secundária têm a função de alojar os rolamentos que suportam os esforços da árvore ( $\varnothing 64S7$ e $\varnothing 55S7$ ).	
2003	Os furos do diferencial têm a função de: <ul style="list-style-type: none"> <li>Alojar os rolamentos que suportam o esforço da caixa diferencial (<math>\varnothing 75R7</math> e <math>\varnothing 67R7</math>);</li> <li>Alojar a junta de estanqueidade (<math>\varnothing 55H8</math>).</li> </ul>	
2004	É montado um veio para suportar os pinhões.	
2105/2106	São a referência para acoplar o cárter de mecanismo ao cárter de embraiagem na linha de montagem. A condição funcional é um aperto no CED e folga no CM.	
2103/2104	Maquinação igual a 2105/6, mas são furos utilizados para indexar a peça na montagem horizontal	
2301/2315	15 Furos M8x1.25	
2202	Eixo forquilha 1/2	
2203	Eixo forquilha 3/4 e 5/6	
2204	Eixo forquilha Marcha-atrás	
2205/3205	Eixo de selecção. Montagem de casquilho para o eixo de selecção	

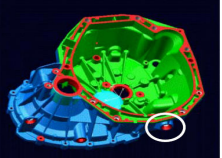
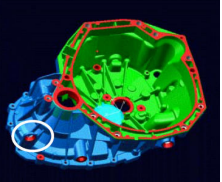
<b>2321</b>	Maquinação para permitir o curso total do eixo de selecção	
<b>2322/2323</b>	Guiamento e restrição ao movimento do grampo do eixo de selecção.	

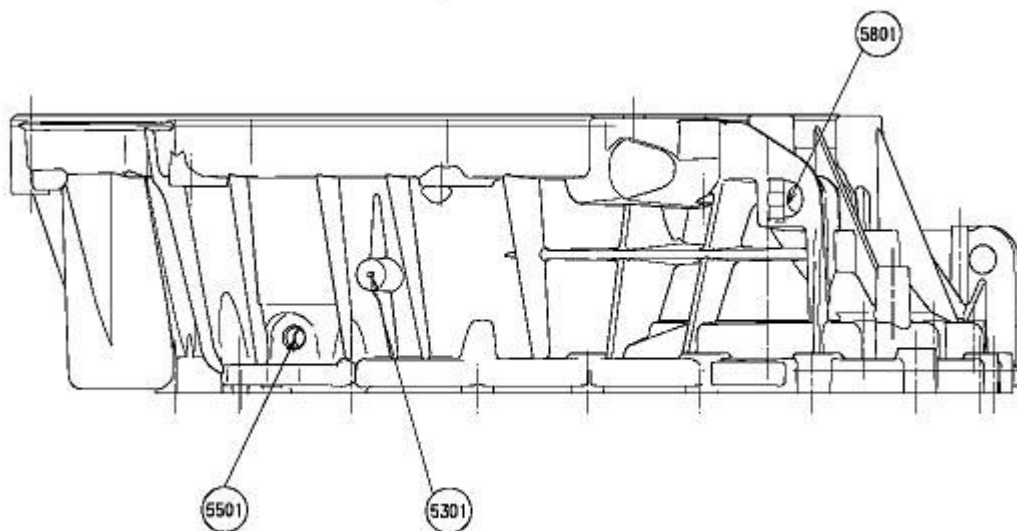



<b>Furo</b>	<b>Função</b>	<b>Imagem</b>
<b>1101/1102</b>	Centragem no motor (Furo roscado).	
<b>1331/1332/1333/1334</b>	Fixação ao Carter de óleo.	

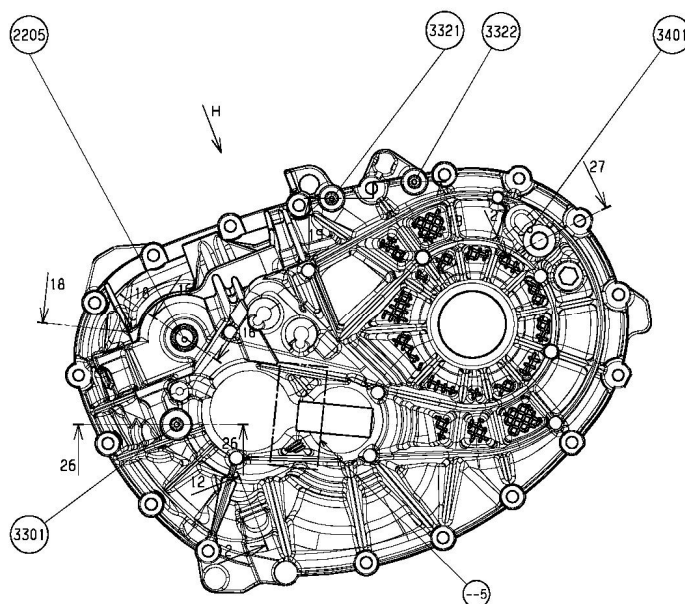
<b>1881/1882</b>	Posicionamento do Carter na paleta do transportador da linha de montagem.	
<b>CSC</b>	Fixação do comando hidráulico da embraiagem.	
<b>1851/1852/2316</b>	Não são maquinados	

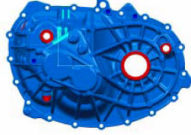
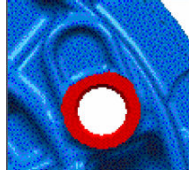


<b>Furo</b>	<b>Função</b>	<b>Imagem</b>
<b>6402</b>	Vazamento do óleo	
<b>6701/6702</b>	Apoio para montagem no motor	

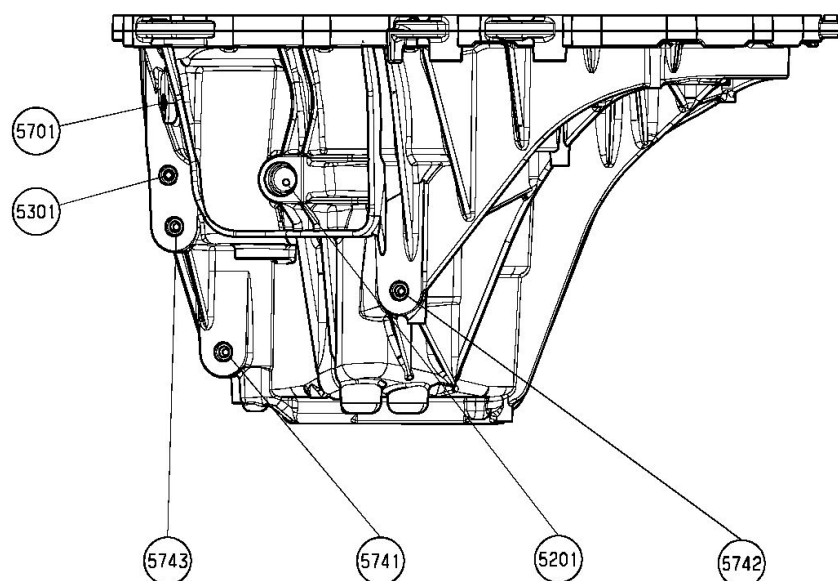


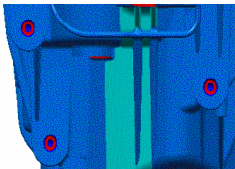

Furo	Função	Imagem
5501	<i>Reniflard</i> - Tem a função de válvula, mantém a pressão ambiente dentro da caixa.	



Furo	Função	Imagem
3401	Volume de óleo fica ao nível do furo de enchimento	 





Furo	Função	Imagem
5741 5742 5743	<b>GMP</b> (Grupo Motor Propulsor): furos para fixar o conjunto que reduz as vibrações da caixa	
5701	Detecta ponto-morto e marcha-atrás	
5201	Montagem de casquilho para o eixo de passagem de velocidades. Alojamento da junta de estanqueidade	